ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès
des sciences au service du genre humain

VOLUME II AVRIL 1943 NUMÉRO 6

Chimiothérapie

Dans les applications de la chimie et de la biochimie à la lutte pour la suppression des maladies, un progrès continu et spectaculaire se manifeste dans toutes les directions. Nous comptons bien pouvoir, au moment opportun, publier des articles autorisés traitant à fond ces questions.

Le père de la chimiothérapie a été Paul Ehrlich qui, en 1891, remarqua que le parasite de la fièvre paludéenne pouvait être coloré par le bleu de méthylène; il essaya alors de trouver des matières colorantes, et par la suite des substances que l'on pourrait appeler des «matières colorantes incolores», capables de tuer les micro-organismes sans nuire à leur hôte. Le bleu de méthylène lui-même s'avéra relativement actif dans la fièvre quarte. La première découverte notable fut peut-être celle du rouge trypan (1904), qui guérissait des souris atteintes d'une trypanosomiases habituellement mortelle. Les arsenicaux organiques, atoxyl (Thomas, 1905), salvarsan, néo-salvarsan, tryparsamide, etc., ont marqué des étapes dans la voie tracée par Ehrlich, et certains d'entre eux sont encore indispensables au médecin. Les dérivés organiques de l'antimoine ont également pris place dans la thérapeutique, et nous ne devons pas oublier, à titre rétrospectif, le traitement mercuriel de la syphilis, traitement que l'on attribue parfois à Paracelse.

L'une des conséquences directes du travail d'Ehrlich a été la découverte du 205 Bayer actif contre la maladie du sommeil; la découverte de ce composé, dérivé du benzène et du naphtalène, et ne contenant ni arsenic, ni aucun autre élément toxique du même genre, marqua un grand pas en avant. Au cours des dernières années King, Ewins et Warrington Yorke ont montré que certaines diamidines aromatiques étaient très actives contre différents protozoaires.

Il ne nous est pas possible ici de nous étendre longuement sur le sujet si important de la chimiothérapie de la fièvre paludéenne. La quinine conserve sa place dans le traitement des formes aiguës de la maladie, et, bien que l'on connaisse de nombreuses substances analogues à cet alcaloïde, aucune n'a encore été utilisée en pratique. Les produits synthétiques antipaludéens donnant les meilleurs résultats, sont ceux qui ont été obtenus en suivant les observations faites par Ehrlich sur le bleu de méthylène. Ce sont la plasmoquine (1926), dérivé de la quinoléine qui détruirait la forme sexuée du parasite (croissants ou gamètes); et l'atébrine (1932), dérivé de l'acridine qui, comme la quinine, s'attaque aux formes asexuées (schizontes). Nous devons ces substances aux travaux remarquables de Roehl et Schulemann et de leurs collaborateurs. D'autres drogues similaires sont actuellement l'objet d'une étude intensive, en grande partie à cause de l'occupation des Indes Néerlandaises par les Japonais.

L'idée directrice suivie au cours de cette période était celle de l'action directe sur le micro-organisme. Ehrlich supposait que les organismes à atteindre renfermaient différents groupes récepteurs constitués par des molécules de protéines ou d'enzymes, et le problème, pour lui, consistait à identifier ces groupes et à préparer des substances toxiques capables de se combiner avec eux.

La chimiothérapie des infections bactériennes a été assez longtemps inexistante, on en avait cependant dévoilé certaines perspectives lorsqu'on avait découvert que l'acriflavine ou la proflavine pouvait rendre stériles des œufs de truite sans les tuer (Blake), et que l'éthyldihydrocupréine guérissait les souris atteintes d'infection pneumococcique expérimentale (Morgenroth et Levy). Ces observations n'avaient pas eu d'importance pratique (excepté dans les infections localisées), et la découverte du prontosil par Domagk

révolutionna non seulement la thérapeutique, mais aussi l'attitude des biologistes vis-à-vis de la chimiothérapie.

Le prontosil est une matière colorante azoïque; Tréfouel et d'autres chercheurs remarquèrent que c'est à l'un de ses constituants, la sulfanilamide, qu'il doit son activité. La toxicité de la sulfanilamide pour l'homme est relativement faible, et on l'emploie à doses massives contre des souches viriles de streptocoque hémolytique. Elle a réduit d'une manière étonnante la mortalité dans la fièvre puerpérale. La sulfanilamide est également employée localement pour prévenir l'infection des plaies, à condition que l'on ait pris soin d'éliminer auparavant la plus grande partie de la source d'infection.

La sulfanilamide elle-même n'a pas d'action sur le méningocoque, le gonocoque ni le pneumocoque, mais certains de ses dérivés tels que la sulfanilaminopyridine (M. & B. 693, Ewins et Phillips), le sulfothiazol, et la sulfodiazine ont maintenant pris place dans l'arsenal thérapeutique pour le traitement de la méningite cérébrospinale, de la blennorrhagie, et de la pneumonie. Les guérisons obtenues semblent parfois aussi miraculeuses que celle du scorbut par la vitamine C. On considère que la sulfanilguanidine peut guérir la dysenterie bacillaire, et le sel de sodium de l'acétylsulfanilamide rend des services dans le traitement de certaines infections oculaires. Il existe déjà une énorme littérature sur les sulfamides, mais il est certain que l'on trouvera encore de nouveaux composés appartenant à cette série, et ils seront supérieurs à ceux que nous possédons déjà. Il est même probable que chaque famille possédera un jour une petite provision de la drogue idéale que l'on prendra en cas de besoin sans plus de façons que pour un comprimé d'aspirine. Les chimistes britanniques ont récemment fait connaître la sulfamithiazine que sa très faible toxicité rapproche de cet idéal; on procède actuellement à des essais cliniques dont les résultats seront étudiés avec le plus grand intérêt.

Plusieurs chercheurs obtinrent des extraits dont l'action s'oppose à celle des sulfamides, et finalement (1940) Woods montra que l'acide *p*-aminobenzoïque contrecarre l'action de la drogue. D'après Fildes, qui a étudié de façon très approfondie les facteurs favorisant la croissance des bactéries et ceux qui l'inhibent, l'acide aminobenzoïque est nécessaire au métabolisme, et la sulfamide est bactériostatique parce qu'elle gêne l'action normale de ce métabolite sur la croissance. Fildes a pensé que nous possédons probablement là un moyen rationnel d'envisager le problème de la chimiothérapie, et de nombreux chercheurs suivent cette voie avec enthousiasme. McIlwain, par exemple, a montré tout récemment que des produits analogues à l'acide pantothénique ont une action bactériostatique.

Tout ceci constitue déjà un progrès remarquable dans une période aussi courte, mais l'histoire est loin d'être finie. En 1929 Fleming découvrit que le *Penicillium notatum* produit, dans certaines conditions favorables de culture, une substance anti-bactérienne, la penicilline, qui diffère des sulfamides par des caractères importants. Son action, bien qu'elle soit bactériostatique plus que bactéricide, n'est pas gênée par la présence d'extraits microbiens, de pus, ni d'acide *p*-aminobenzoïque. Florey et ses collaborateurs ont montré comment la penicilline peut être préparée pour des fins thérapeutiques, et ils ont pu prouver sa valeur en clinique. La constitution chimique de cette importante substance est encore obscure, mais il est certain qu'elle est active (même à de très grandes dilutions), que sa toxicité est pratiquement nulle, et que, contrairement aux sulfamides, elle peut être utilisée contre le staphylocoque. Il semble que la gramicidine, qui a été isolée du sol, possède des propriétés analogues, sauf au point de vue de la toxicité. Cette gramicidine est un polypeptide contenant du tryptophane.

Parmi les infections bactériennes, les problèmes les plus importants sont constitués par la tuberculose, la typhoïde et le choléra, mais, chaque fois, nous voyons déjà s'ouvrir des pistes devant nous. Les quelques faits dont nous venons de parler et les espoirs qu'ils suscitent vont nous permettre de soulager les souffrances de l'humanité: puisse ceci nous consoler quelque peu de la tragédie que nous traversons. Léguée par nous à la postérité, la chimiothérapie sera dans l'avenir une source féconde de bienfaits.

On est prié d'adresser les manuscrits et la correspondance au rédacteur en chef, E. J. Holmyard, Imperial Chemical Industries, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.1. Nous invitons les chercheurs qui poursuivent des travaux importants ou intéressants à nous envoyer de courtes notes sur les expériences en cours et sur leurs derniers résultats.

Métaux

SIR LAWRENCE BRAGG

Dans notre esprit les métaux sont associés avec les notions de dureté, de solidité et de résistance. Mais on trouve un étrange paradoxe à la base des précieuses propriétés mécaniques de l'état métallique: pour être fort il faut qu'un métal soit faible. Ce paradoxe, et le fait tout aussi surprenant que les métaux ne sont, en un sens, pas de véritables solides, sont parmi les thèmes que Sir Lawrence Bragg discute dans cet article.

(1) QU'ENTENDONS-NOUS PAR MÉTAUX? Nous employons différentes matières pour construire ou fabriquer les divers objets dont nous nous servons journellement, choisissant celles dont les propriétés sont les mieux appropriées à l'usage assigné à l'objet. Certaines de ces matières ont été utilisées depuis les temps les plus reculés, par exemple la pierre, le bois, le cuir et les fibres animales ou végétales, et chacune selon ses propriétés. Dans l'âge technologique où nous vivons maintenant, on remplace les produits naturels dont se servait l'homme primitif par une série de produits artificiels, mais il est tout à fait remarquable de voir combien, dans presque tous les cas, nous copions les matériaux de la Nature.

Les métaux constituent cependant une grande diversité de matériaux sans contrepartie dans la nature. Il faut les dégager de la terre où ils existent sous une forme qui les masque adroitement. L'humanité n'a pris conscience de leur valeur que peu à peu. Ils furent d'abord rares et précieux, et utilisés pour des fins très spéciales. On leur attachait du prix, et leur commerce fit naître d'immenses réseaux d'échange. La civilisation moderne est basée sur l'usage des métaux, et ceci à une échelle qui augmente sans cesse à une allure réellement extraordinaire. Sir Thomas Holland, passant en revue nos ressources, déclarait que l'homme a extrait de la terre depuis 1900, bien plus de métal que dans toute la période précédente de l'histoire de l'humanité.

Qu'est-ce qui donne aux métaux ce caractère distinctif universellement reconnu comme « métallique », et qui leur fait jouer un rôle tout à fait unique dans notre civilisation matérielle?

Leur attribut mécanique le plus frappant est qu'ils se montrent durs et forts dans leur résistance à la compression et à l'extension, en même temps ils sont robustes et peuvent être déformés sans se rompre. Ils peuvent être découpés, ou martelés, ou étirés en fil, et loin d'être affaiblis par de mauvais traitements de cette sorte, ils deviennent au contraire plus forts qu'avant. De plus, par la chaleur, les métaux peuvent être moulés à notre convenance. Les propriétés finales d'un acier dépendent de la succession des traitements thermiques qu'il a subi. Un ressort d'acier chauffé, puis refroidi lentement, est relativement mou et peut être courbé selon n'importe quel profil, aussi bien que découpé ou percé. S'il est chauffé et très soudainement refroidi ou «trempé», il devient très cassant. Si on le chauffe à nouveau à une température relativement basse, il devient « souple ». Prenons, par exemple, la sorte de fer dont on fabrique les limes et qui contient une forte proportion de carbone; lentement refroidi, il est si mou qu'on y peut découper la dent de la lime. Si on le chauffe à nouveau et qu'on le trempe en le plongeant dans la saumure, il deviendra dur comme du verre et conviendra à son emploi.

Les métaux nous sont essentiels dans un autre domaine depuis que nous avons asservi l'électricité. Ils conduisent l'électricité, et le fer (ainsi que certains autres éléments) peut être aimanté. Un câble est tendu à travers l'Atlantique; en d'autres mots, quelques faisceaux de fil de cuivre sont enveloppés par un mince fourreau de caoutchouc et déposés au fond de la mer. N'est ce pas un fait remarquable qui si un courant électrique est envoyé d'Angleterre dans ce câble, il préférera voyager par ce fil jusqu'en Amérique, plutôt que de franchir les quelques centimètres d'isolateur qui seuls l'empêchent de prendre un raccourci pour revenir à son point de départ par la mer! Je crois que c'est Oliver Wendell Holmes qui, voyant un tramway tirer son énergie d'une mince ligne aérienne, disait que cette puissance voyageait à « l'état nu ». Les biologistes classent les entités vivantes selon une échelle correspondant à la complexité croissante de leur système nerveux; nous vivons dans un monde qui possède des possibilités de vie organisée beaucoup plus

grandes que celui de nos ancêtres, et nous essayons de nous ajuster aux conditions nouvelles, ce qui ne se produit pas sans convulsions. La mise en service des métaux a provoqué ces changements. La guerre actuelle est faite avec des armes de métal fabriquées par des machines en métal; la possession de sources de métaux détermine la stratégie; le monde entier a été engagé dans le conflit par suite des réseaux métalliques qui l'englobent. On peut dire que cette énorme extension de l'usage du métal a déterminé le caractère propre de la guerre, et dans une large mesure, a été responsable des changements sociaux qu'elle nous a amenés.

(2) L'ÉTAT MÉTALLIQUE

Les nombreux et différents types d'atomes, en tout quelques quatre-vingt-dix, peuvent être grossièrement divisés en deux grandes classes: les électropositifs et les électronégatifs. La classification périodique range les éléments selon un ordre croissant de complexité atomique, et elle assigne aux gaz inertes, dépourvus d'affinité chimique, le rôle de bornes neutres en des points importants de la classification. Les atomes qui leur succèdent dans la classification périodique sont fortement électropositifs, ceux qui les précèdent immédiatement sont tout autant électronégatifs, et cette caractéristique varie continûment lorsque l'on passe d'un gaz inerte au suivant dans la classification périodique. Au point de vue de la structure atomique, l'interprétation est la suivante: les atomes électropositifs sont ceux qui peuvent facilement perdre un ou plusieurs des électrons négatifs entourant le noyau atomique, transformant ainsi l'atome neutre en un ion chargé positivement. Les atomes électronégatifs absorbent facilement un ou plusieurs électrons additionnels dans leur structure, faisant ainsi passer leur charge du neutre au négatif.

Disons qu'il existe trois types principaux de composés ou associations d'atomes. Ceux-ci sont représentés par les schémas de la figure 1.

Le type le plus simple est l'association d'atomes électropositifs et électronégatifs. Le sel ordinaire (NaCl) en est un exemple. Les atomes électropositifs du métal sodium perdent leurs électrons au bénéfice des atomes électronégatifs du chlore. L'ion positif sodium et l'ion négatif chlore qui en résultent sont liés par l'attraction électrostatique (*voir* la figure 1 (*a*)) selon une sorte de damier. Une structure de ce genre est typique des sels inorganiques en général, bien que l'unité négative soit un complexe de plusieurs atomes.

Un type d'association tout à fait différent caractérise les composés organiques. Un ou plusieurs atomes électronégatifs, tous manquant d'électrons, fondent leur structure en une combinaison intime. Ce tout intimement soudé, comme celui de la naphtaline illustré figure 1 (*b*), est ce que les chimistes appellent une « molécule ». Ainsi décrite, la molécule peut subir des aventures physiques, elle peut fondre, se vaporiser, ou être dissoute dans un solvant et cependant rester une entité. Les éléments électronégatifs: le carbone, l'oxygène et l'azote, ont au plus haut degré la faculté de former des groupements de ce genre, et, avec un lest d'atomes d'hydrogène, ils forment la base des innombrables composés qu'étudie le chimiste organicien.

Dans les fibres, les molécules s'incorporent en longues chaînes qui s'attachent les unes à la suite des autres. Dans la corne, et certains plastiques, il existe également des attaches latérales. De longues chaînes, dont les attaches peuvent tourner librement, et liées seulement par quelques liens transversaux, constituent une matière douée des propriétés du caoutchouc. On peut voir que cette faculté d'attacher à la structure n'importe quel nombre d'atomes, conduit à une variété infinie d'édifices moléculaires.

Les deux classes ci-dessus peuvent être appelées, la classe « plus-moins », et la classe « moins-moins » des composés chimiques; il reste une troisième classe, « plus-plus », illustrée figure 1 (*c*). Elle est composée d'atomes qui tous perdent facilement des électrons. Nous pouvons nous la figurer comme un arrangement régulier d'ions positifs, associé à un système d'électrons communs à eux tous. C'est un type de composés tout à fait différents de ceux représentés en (*a*) et (*b*). Le nombre relatif des atomes en (*a*) est fixé par l'alternance des « plus » et des « moins », et en (*b*) par leur association en groupes bien définis ou molécules. En (*c*) il est possible de remplacer une sorte d'atomes électropositifs par une autre sorte, tant que le nouveau venu n'est pas trop incompatible en dimensions, ou autres propriétés, avec ses voisins. Quand les atomes sont tous de la même sorte, nous disons que la structure est celle d'un métal pur; quand il y en a de plusieurs sortes, nous avons à faire à un alliage, et il est tout naturel de trouver que les atomes métalliques ou électropositifs peuvent s'allier selon des proportions largement variables. Le nuage général d'électrons peut cheminer à travers la structure, donnant au métal la faculté de conduire l'électricité.

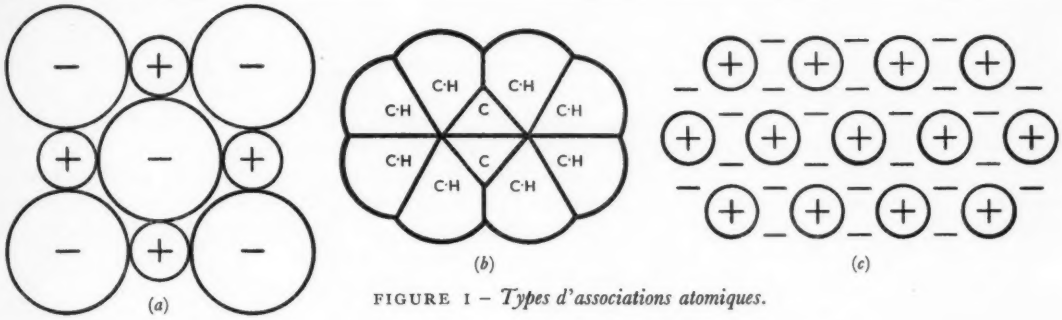


FIGURE 1 – *Types d'associations atomiques.*

(3) UN MODÈLE ILLUSTRANT LA STRUCTURE MÉTALLIQUE

Nous avons vu que l'état métallique possède certaines caractéristiques particulières. En un sens, les métaux ne sont pas de véritables solides. Il n'y a pas de liaison directe d'atome à atome, formant un véritable « tout ». En fait, les ions positifs se repoussent mutuellement et ne sont maintenus en masses compactes que par l'attraction exercée par le système commun d'électrons chargé négativement. Cette structure donne l'explication des traits les plus caractéristiques d'un métal, la manière dont il peut être martelé, découpé ou laminé sans qu'il y ait rupture de sa continuité. De quelque manière que les atomes patinent les uns autour des autres, le gaz électronique général persiste à les faire tenir tous ensemble. Un métal ressemble davantage à un liquide cristallisé qu'à un solide.

La réaction immédiate que provoque cette représentation du métal, c'est la question de savoir pourquoi un métal serait doué d'une solidité quelconque, puisque ses atomes peuvent si facilement passer et glisser les uns par dessus les autres. La réponse est des plus intéressantes. Si l'on refroidit un métal pur à partir de l'état fondu et dans certaines conditions bien définies telles que les atomes s'édifient en un cristal unique parfait, il ne possède pratiquement aucune solidité. Le professeur Andrade, dans un article d'ENDEAVOUR publié en avril 1942, a décrit des expériences sur le glissement dans les cristaux uniques de métal. Il est extrêmement curieux de manipuler un de ces cristaux en forme de longue tige. Elle est aussi molle que le serait une tige similaire de terre glaise, et peut être étirée à la main du premier coup, n'offrant pour ainsi dire aucune résistance. Cependant, dès qu'elle est déformée par cet étirement elle devient plus robuste, et finalement, quand elle a été sérieusement maltraitée, elle possède ce caractère de forte rigidité que nous associons avec l'idée de métal à l'état ordinaire.

On peut réaliser, à deux dimensions, un modèle de structure métallique qui illustre ces propriétés d'une manière étonnement suggestive. Ce modèle doit comprendre de nombreux « atomes » de dimensions parfaitement égales; ces atomes doivent être ronds, ils doivent se déplacer les uns autour des autres sans qu'aucune friction ne gêne leur mouvement, et il doit y avoir une sorte de force générale d'attraction qui les retienne tous ensemble. La figure 2 représente un radeau de petites bulles voguant à la surface d'une solution de savon, ce qui donne exactement ce qu'il nous faut. Les petites bulles sont liées entre elles par les forces capillaires, comme les bulles que l'on observe dans une tasse de thé remuée à la cuiller.

Soit un radeau à peu près rectangulaire fixé de deux côtés à des supports, nous pouvons essayer sur lui l'effet de cisaillement. Deux ressorts posés au ras de la surface de la solution vont former les supports appropriés car, en ajustant leur tension, on peut s'arranger de façon à ce que le pas du ressort s'enclanche sur une rangée de bulles de part et d'autre du radeau. Si maintenant l'un des ressorts est déplacé doucement selon la direction tangentielle, le radeau aussitôt se déforme d'une manière élastique. Cependant, après avoir imprimé un certain cisaillement, on peut voir quelques bulles devenir instables à l'une des extrémités libres, et elles tournent les unes autour des autres jusqu'à ce que tout à coup, un mouvement se déclanche le long d'une rangée, d'une extrémité à l'autre du radeau, comme une maille file dans un bas. Les bulles se déplacent tour à tour en avançant d'une bulle, et lorsque ce mouvement a gagné toute la largeur, le haut et le bas du radeau sont décalés de la largeur d'une bulle l'un par rapport à l'autre. On peut répéter ceci plusieurs fois. La figure 3 représente un radeau typique photographié en (*a*) avant, et en (*b*)

après une succession de ces mouvements de glissement. Lorsqu'on étire un monocristal, comme l'a montré le Professeur Andrade, ce même mouvement de glissements se produit le long des plans du cristal; c'est ce qu'il a expliqué d'ailleurs dans son article d'ENDEAVOUR si remarquablement illustré; dans notre modèle à deux dimensions, nous avons des « alignements de glissement » qui se comportent d'une manière similaire.

Le graphique de la figure 4 montre comment on peut étudier ce phénomène quantitativement. Les extrémités de l'un des ressorts sont attachés à une paire de longues et minces tiges de verre verticales dont les autres extrémités sont fixes. Un microscope à oculaire millimétrique est mis au point sur l'une de ces tiges de sorte que nous pouvons mesurer la force exercée sur ce ressort en suivant le déplacement de la tige. L'autre ressort est déplacé parallèlement à lui-même par une vis dont la tête porte un micromètre. On peut ainsi établir la courbe donnant la déformation en fonction de l'effort exercé; c'est ce que représente la figure 4. La déformation, ou mouvement relatif, est portée en abscisses, et l'effort, mesuré par la courbure de la tige de verre, est porté en ordonnées. La courbe supérieure se lit de gauche à droite. Le radeau se montre d'abord élastique, selon la branche montante du graphique, interrompue lorsqu'on atteint le point où se produit le glissement; l'effort tombe alors à zéro, ou même dépasse légèrement le zéro. Si l'on continue à exercer le cisaillement, la déformation va croître à nouveau, jusqu'à ce qu'un second glissement se produise. À la fin du graphique supérieur, on a renversé le mouvement de cisaillement, et on a reproduit le graphique en sens inverse.

Dans un cristal unique parfait, les atomes sont rangés d'une manière absolument uniforme. Cependant, si le métal contient plusieurs cristaux, diversement alignés les uns par rapport aux autres, les atomes qui se trouvent dans les régions limitrophes doivent en quelque sorte s'ajuster au mieux de leur double condition. La figure 5 montre un radeau composé de quatre de ces « cristaux », et il est intéressant de voir la manière dont les limites sont marquées par une série de dislocations ou malfaçons. On voit bien la structure de chaque cristal jusqu'à ses propres limites, mais là elle se trouve légèrement déformée par l'ajustement nécessaire des positions atomiques extrêmes. On peut se rendre compte qu'un processus de glissement simple est forcément confiné à un seul cristal; il ne peut se propager à l'intérieur du cristal voisin, à moins qu'un nouveau déclenchement ne s'opère. La figure 6 illustre une autre caractéristique extrêmement importante des structures métalliques. On a délibérément introduit dans le radeau quelques bulles de dimensions différentes, pour représenter des atomes d'impuretés dans le métal. Elles dérangent la structure régulière d'une manière tout à fait frappante, bousculant les alignements sur une distance considérable. Ceci permet d'expliquer comment de très petites quantités d'impuretés exercent une très grande influence sur les propriétés mécaniques ou autres d'un métal. Chaque atome d'impureté affecte un très grand volume environnant, parce qu'il rejette les alignements réguliers hors de leur sillon.

Notre modèle illustre également une autre propriété bien caractéristique des structures métalliques: celle de se reformer après distorsion. La puissance de cristallisation semble indestructible: une structure métallique ne peut demeurer à l'état amorphe ou irrégulier. Le radeau peut être écrasé si l'on rapproche l'un des ressorts de l'autre. Des glissements vont alors se produire le long d'alignements inclinés à 120° l'un sur l'autre, mais les bulles s'ajusteront toujours d'elles-mêmes de manière à ce que le radeau reste cristallin. En écartant alors doucement les ressorts, nous pouvons étirer le radeau, et les bulles vont se remettre à glisser et à se déplacer de manière à faire apparaître de nouveaux alignements entre les ressorts: et nous voici en fin de compte en présence d'un cristal régulier, semblable au précédent.

(4) LA RÉSISTANCE D'UN MÉTAL

Un métal à l'état de cristal unique parfait est extrêmement mou, il peut « coulisser » suivant ses plans de glissement sans que pour ainsi dire aucune résistance se manifeste. Toutefois, s'il est écroui, la perfection de sa structure est détruite. Différentes parties se trouvent alors orientées diversement les unes par rapport aux autres, ce

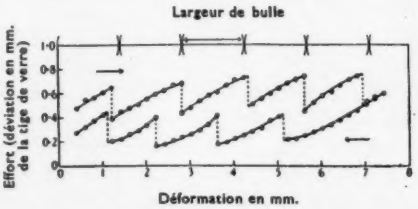
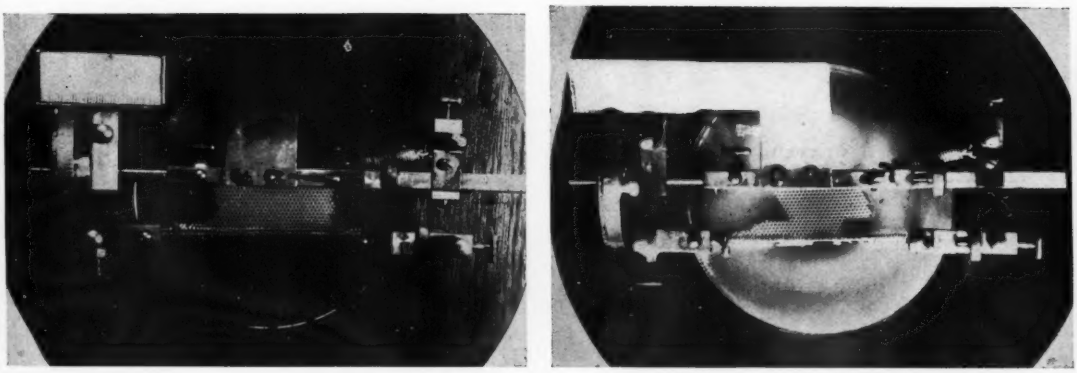


FIGURE 4 – *Courbe effort-déformation pour le cisaillement du radeau. Il cède chaque fois que la mouvement avance d'une largeur de bulle.*

FIGURE 2 – *Un radeau de bulles parfaitement cristallisées.*



(*a*) (*b*)

FIGURE 3 – *Radeaux avant et après une succession de glissements.*

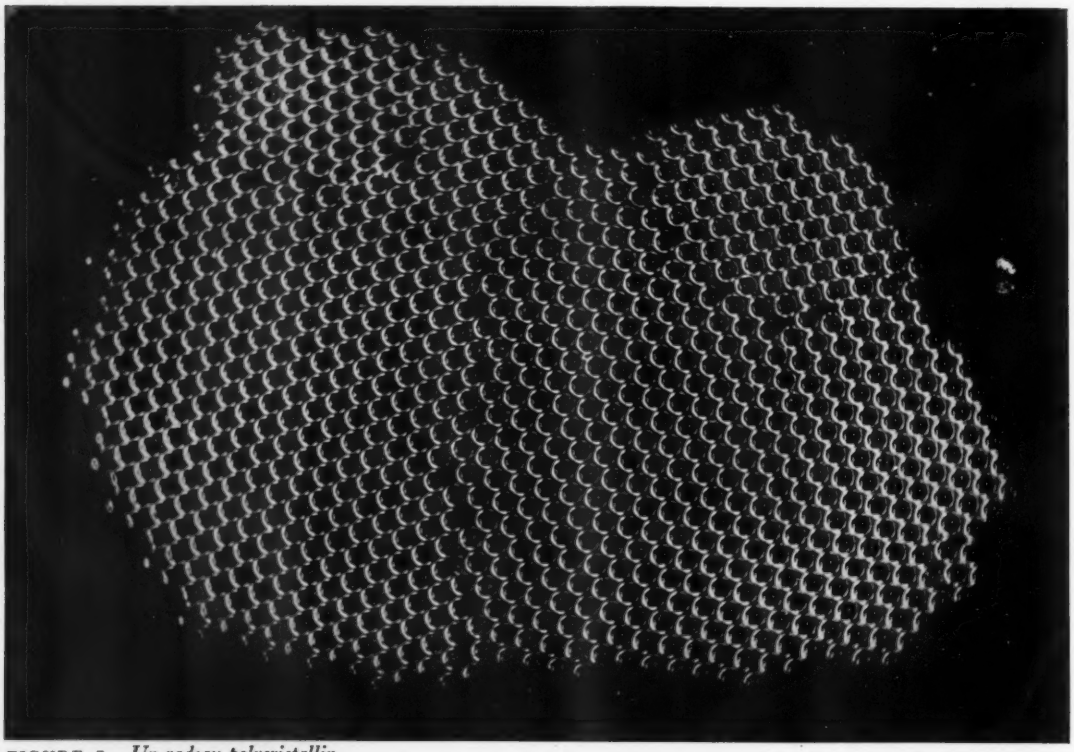
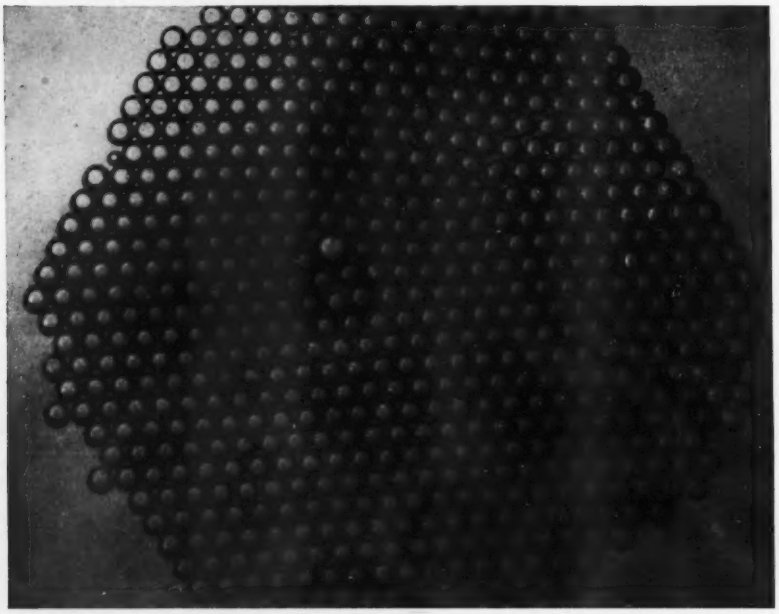


FIGURE 5 – *Un radeau polycristallin.*



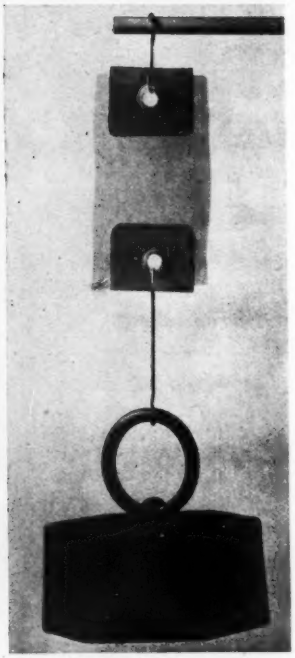


FIGURE 6 – *Effet d'un atom eétranger.*

FIGURE 9 (*à droite*) – *Une bande de cellophane* 10 × 5 × 0,002 *cm. supportant un poids de* 2 *kg.; les bords sont libres. Touchée par une pointe d'aiguille elle se déchire instantanément si elle est sèche, mais elle ne bouge pas si elle est humide.*

qui doit créer de nombreuses dislocations, comme celles représentées figure 5. En même temps, le métal devient plus fort, de sorte que sa résistance doit en quelque manière dépendre des déformations de sa structure. Nous pouvons nous servir de l'analogie du modèle pour montrer comment on peut même calculer assez grossièrement un ordre de grandeur de sa résistance.

La figure 7 représente un essai type avec mesure de la déformation en fonction de l'effort appliqué; l'expérience est faite par Smith et Wood avec un échantillon polycristallin de fer pur. Lorsque la traction est appliquée à l'échantillon, celui-ci est d'abord étiré d'une manière élastique, ainsi que le montre la courbe inférieure; si on cesse alors d'appliquer la traction, l'échantillon va revenir à sa longueur primitive. À partir d'un certain point, dans ce cas environ 1.300 kg./cm.^{2}, l'échantillon commence à céder. Il est étiré par la traction et ne reviendra pas à son état primitif si cette traction cesse. Le domaine des déformations plastiques est très grand comparé à celui de l'étirage élastique, de sorte que les déformations représentées sur la courbe supérieure, et correspondant à la région de déformation permanente, sont portés sur une échelle réduite au centième. En cédant, l'échantillon est déformé et durcit, ce qui lui permet de résister à des contraintes plus grandes, jusqu'à ce que finalement, à environ 2.800 kg./cm.^{2}, il se rompe. Ainsi que nous l'avons vu, le point où l'échantillon cède, ou limite de résistance, dépend énormément des traitements antérieurs subis par le métal. La limite de résistance apparaîtra sous l'application d'efforts peu intenses si le métal est bien recuit, et il faudra au contraire mettre en œuvre des efforts beaucoup plus élevés si l'échantillon a été écroui au préalable. Le coefficient d'élasticité, qui donne le rapport de l'effort appliqué à la déformation produite, est d'autre part pour ainsi dire indépendant de l'état du métal, et il n'est que légèrement affecté par la présence d'impuretés. En d'autres termes, tous les échantillons de fer vont d'abord se conformer à la même courbe (figure 7) dans le domaine des déformations élastiques, mais ils peuvent cesser brusquement de s'y conformer à partir de points très différents. Cette distinction est très importante.

On peut tenter de déterminer le facteur clé qui fixe le point auquel un métal cesse de s'étirer élastiquement et commence à céder, en se servant de la figure 4. Le petit radeau de bulles subit un cisaillement élastique jusqu'à ce que son bord supérieur se soit déplacé d'environ une largeur de bulle par rapport à l'autre bord; le cisaillement est alors relâché par le glissement de toute une rangée de bulles sur une autre rangée. Évidemment, le radeau doit attendre pour glisser jusqu'à ce que le cisaillement ait atteint cette valeur, sinon cela n'en vaudrait pour ainsi dire pas la peine; en effet, si le glissement avait lieu alors que le déplacement produit n'était que d'une fraction de bulle, il en résulterait au bout du compte une contrainte supérieure en sens inverse. Si s est le diamètre d'une bulle, et t la largeur du radeau, l'effort de cisaillement doit donc atteindre une valeur d'environ s/t avant que le glissement ne se produise.

Représentons-nous maintenant le métal comme composé d'un grand nombre d'unités diversement orientées, comme dans la figure 8, chacune de dimension moyenne t. Chaque petit domaine doit coulisser intérieurement d'une manière indépendante, et le plus petit saut qui puisse se produire correspond à la distance s entre atomes voisins, comme pour les bulles de la figure 4. Nous devons donc nous attendre à ce que le métal puisse travailler élastiquement jusqu'à ce que la valeur s/t soit atteinte, puisqu'il va céder après cette limite. À la déformation s/t va correspondre un effort plastique égal à ns/t, si n est le coefficient d'élasticité approprié. La distance s entre atomes voisins est fournie par l'analyse cristalline de la structure, et le coefficient élastique de cisaillement est une constante bien connue pour n'importe quel métal. Si, par conséquent, nous pouvons obtenir une idée de la valeur de t, dimension qui limite le parcours d'un processus individuel de glissement, nous pouvons calculer l'effort correspondant à la limite de résistance et le comparer

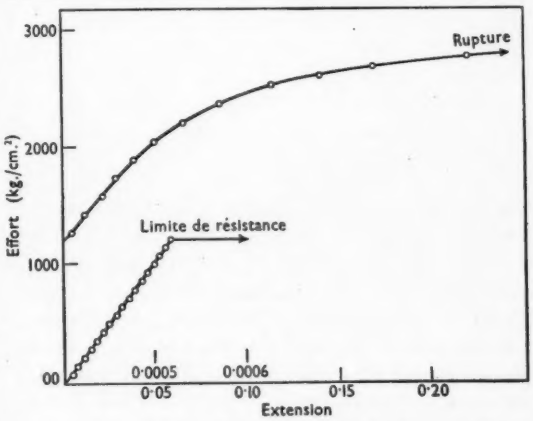


FIGURE 7 – *Courbe effort-déformation du fer pur* (*S. L. Smith et W. A. Wood*, Proc. Roy. Soc., *mai* 1941.)

avec la valeur qu'on peut obtenir par l'expérience. Bien entendu, il faut mesurer la valeur de t sur le même échantillon avant de le soumettre à l'expérience, parce que, une fois que le métal a cédé, t décroît, et la limite de résistance s'élève.

Nous pouvons tenter de toucher du doigt ce t, qui se dérobe à nous, au moyen d'un principe d'optique bien connu. Un réseau optique d'une perfection extrême, composé d'un grand nombre de droites bien régulières, produit un spectre très fin ou net, lorsqu'il diffracte en lumière monochromatique. Si l'on réduit le nombre de raies du réseau, le spectre s'élargit et devient diffus; il

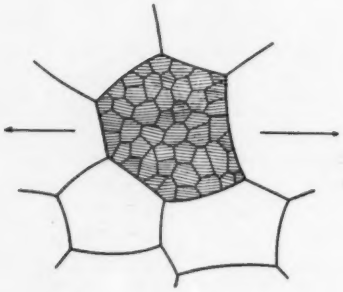


FIGURE 8 – *Représentation schématique de la fragmentation d'un cristal de métal après écrouissage.*

existe d'ailleurs une relation simple entre le nombre de raies du réseau et la largeur des spectres. On observe un phénomène correspondant avec les rayons X. Les raies dûes à la diffraction des rayons X par un échantillon de métal pur, bien recuit, sont fines, mais si le même métal est écroui, les raies du spectre de rayons X s'élargissent et deviennent floues; ceci est dû à la rupture des cristaux parfaits et à la naissance de dislocations et de déformations. Il y a une limite à l'extension en largeur que les raies peuvent ainsi subir. Le métal possède à un degré élevé la faculté de se recristalliser, et, s'il est provisoirement complètement disloqué, il va dans une certaine mesure « soigner ses blessures ». Wood a calculé la limite inférieure des dimensions d'un fragment dans le cas de plusieurs métaux purs en assignant la totalité de l'effet d'élargissement des raies à la dimension des particules, et dans la table suivante, ces données servent à calculer la limite plastique de l'effort de cisaillement:

		s (cm.)	t (cm.)	ns/t (kg./cm.^{2})
Cuivre	..	$2{,}56 \times 10^{-8}$	$0{,}7 \times 10^{-5}$	1.670
Nickel	..	$2{,}49 \times 10^{-8}$	$1{,}2 \times 10^{-5}$	1.620
Argent	..	$2{,}88 \times 10^{-8}$	$0{,}8 \times 10^{-5}$	1.055
Fer[1]	..	$2{,}42 \times 10^{-8}$	$3{,}2 \times 10^{-5}$	645

Il est intéressant de voir que ces calculs mènent à des chiffres d'un ordre de grandeur à peu près exact. Toutefois, si l'on traite le sujet de plus près, on voit apparaître de nombreuses complications qui montrent que nous ne faisons que l'effleurer. Les diverses raies de diffraction des rayons X correspondant à un échantillon donné ne s'élargissent pas toutes dans la même proportion, comme si, pour parler en termes généraux, la perfection du grain était différente selon la direction suivant laquelle on le traverse. L'allure des distorsions dans le métal est inconnue, on peut en effet juger par la table ci-dessus qu'elles se produisent à une échelle trop petite pour être observables au microscope. Enfin, il existe une sérieuse objection au calcul ci-dessus, c'est que l'élargissement des raies est sans doute largement dû aux déformations locales produites dans le métal par l'écrouissage. Des déformations de ce genre provoquent des variations par ci, par là dans le réseau cristallin lui-même, et les faisceaux diffractés deviennent diffus. Néanmoins, il est intéressant de noter qu'en se servant de la largeur des raies de diffraction de rayons X pour estimer l'étendue des domaines de perfection et en supposant qu'ainsi nous estimons également la valeur des glissements individuels, nous obtenons finalement des chiffres qui sont au moins d'un ordre de grandeur correspondant à la réalité.

Il nous est maintenant possible de voir d'une manière qualitative pourquoi un métal est résistant, et comment on peut accroître sa résistance. Il est résistant si chaque processus élémentaire de glissement n'a qu'une course réduite dans le métal au lieu de se propager le long de grands domaines cristallins parfaitement réguliers. Cette restriction peut être amenée soit par l'écrouissage, soit par l'introduction d'atomes étrangers dans le métal, l'une ou l'autre de ces opérations ayant pour but de détruire la perfection de la structure. La figure 6 montre l'effet d'atomes d'impuretés amenant la distortion des alignements réguliers.

On pourrait se poser ici la question suivante: pourquoi ne pas abîmer suffisamment la structure

[1]Ce chiffre correspond au fer pur qui est un métal très mou par rapport au fer-carbone auquel nous sommes habitués.

pour annihiler complètement le glissement, de manière à rendre le métal excessivement résistant?

C'est ici que nous butons à un curieux paradoxe qui est véritablement à la base des propriétés mécaniques essentielles de l'état métallique, *pour être fort, il faut qu'un métal soit faible.* Un corps dépourvu de la faculté de glisser est cassant. Si on l'étire, il doit fatalement se produire quelque part une fissure minuscule ou point faible, ainsi que Griffiths a été le premier à le remarquer, et à la pointe de cette fissure il y a excès de contraintes provoquant la propagation de la fissure; en d'autres termes, la matière se déchire. Les substances cassantes peuvent résister fortement à la compression parce qu'alors les fissures n'ont pas tendance à s'aggraver, mais elles ne résisteront pas à la traction. Dans un métal, au contraire, précisément parce qu'il cède lorsqu'il est par trop étiré, une fissure ne pourra pas s'aggraver. Le métal cédant en ce point y relâche la contrainte. Une expérience extrêmement simple que chacun peut essayer de faire, montre bien cet effet. La cellophane, dont on se sert pour les emballages, est cassante si elle est sèche, et légèrement plastique lorsqu'elle est humide. En collant des supports de cartons en haut et en bas d'une bande de cellophane et en laissant les bords libres, comme le montre la figure 9, de manière à ce qu'une fissure ne puisse se former aux bords, on peut suspendre à cette bande un poids très considérable. Si on la perce avec une pointe d'aiguille lorsqu'elle est sèche, elle se rompt immédiatement. Si maintenant on recouvre la cellophane de buée, de respiration, la piqûre d'aiguille demeure sans effet. Un écoulement se produit dans la cellophane autour de la piqûre d'aiguille, et ceci suffit à arrêter la propagation de la fissure. C'est au Dr Orowan que je suis redevable de cette illustration[1].

(5) SOMMAIRE

Au début de cet article, l'attribut métallique particulier qui fait du métal le produit de base essentiel pour les outils, les machines et les charpentes, a été défini comme une combinaison des qualités de résistance et de rigidité avec la solidité. Nous pouvons voir maintenant comment on parvient à cette combinaison particulière de qualités opposées. Les parties métalliques d'une machine peuvent céder d'une manière élastique, mais elles ne doivent pas céder au point d'être déformées d'une manière permanente par les contraintes qu'elles auront à subir. Cependant, il leur faudra toujours conserver, pour ainsi dire en réserve, cette faculté de céder, pour que le métal possède à l'usage une autre de ses précieuses qualités, celle d'être sûr. Ainsi que Griffiths l'a montré, de minces tiges de verre ou de quartz peuvent se montrer aussi solides que l'acier lorsqu'elles sont neuves et sans défauts, mais la moindre touche à leur surface les fait immédiatement craquer sous un effort. Bien que le verre soit plus dur que l'acier, nous ne pouvons en fabriquer nos machines, car n'importe quel choc subit les ferait tomber en miettes. Un métal présente une bonne sécurité parce qu'il sait quand il doit céder, et qu'en cédant il devient encore plus fort. L'art d'allier les métaux et de leur faire subir des traitements thermiques pour qu'ils conviennent à leurs diverses tâches mécaniques donne lieu à d'élégants compromis. Nous durcissons un métal en le forgeant, en le martelant et en le mélangeant avec d'autres métaux — ou en introduisant du carbone dans le fer, — et nous allons juste aussi loin qu'il nous est permis de le faire sans compromettre sa faculté extrême: celle de céder légèrement sous un effort excessif. La structure atomique particulière d'un métal, la manière dont les atomes peuvent passer les uns devant les autres sans rompre leurs liaisons, la façon dont leurs positions relatives peuvent être modifiées par les traitements thermiques dans l'état solide, ce sont là les propriétés qui en font le matériau idéal pour la technologie. Nous ne faisons que commencer à explorer les possibilités de créer de nouveaux alliages possédant encore un plus grand nombre de qualités désirables. Autrefois de grands progrès ont été faits dans l'art de la métallurgie: on essayait diverses combinaisons nouvelles et on écartait celles qui ne représentaient pas de véritable amélioration. Mieux nous pourrons épier les agissements des facteurs essentiels qui déterminent la résistance des métaux, plus s'ouvriront à nous des perspectives de progrès direct vers notre but, et par des victoires encore plus spectaculaires dignes de ce nouvel « âge du métal ».

[1]Pour que cette expérience réussisse lorsque l'air est humide la feuille de cellophane doit être auparavant séchée artificiellement.

La "Royal Society" de Londres

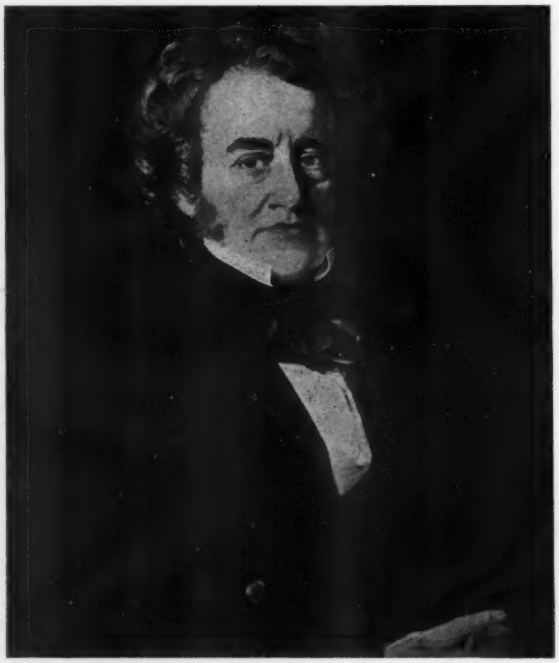
IIème Partie

LE COLONEL SIR HENRY LYONS

Dans la seconde partie de ce compte rendu des destinées de la « Royal Society », Sir Henry Lyons poursuit son récit depuis 1820 jusqu'aujourd'hui. Il montre que, dès que les savants furent en majorité au conseil, l'influence de la société grandit rapidement et qu'elle se trouve aujourd'hui en mesure d'apporter une aide puissante et utile au progrès de la connaissance scientifique.

En juin 1820, peu après la mort de Sir Joseph Banks, le conseil élit le Dr W. H. Wollaston, l'éminent chimiste, au poste de président qu'il devait occuper jusqu'à l'assemblée anniversaire suivante. Il présida donc les réunions du conseil pendant l'automne et influa certainement sur le choix des membres du nouveau conseil dont douze sur vingt-et-un se trouvèrent être des hommes de science; Sir Humphry Davy fut nommé président. Cela représentait un changement considérable d'orientation que cette majorité de savants, et Davy continua dans ce sens, si bien que le nombre des hommes de science membres du conseil s'éleva de douze à dix-neuf. Davy se retira en 1827 pour raison de santé, et Davies Gilbert qui lui succéda s'opposa énergiquement à toute réforme. Son successeur fut S.A.R. le duc de Sussex, sixième fils du roi Georges III, dont l'élection (1830) fut combattue avec ardeur par de nombreux scientifiques, l'autre candidat étant J. F. Herschel.

Le duc fut cependant élu à une faible majorité et rendit immédiatement un service important à la société: il proposa à la première réunion du conseil qu'il présida, que le rapport du trésorier pour 1829–30 fût imprimé et distribué à tous les membres. Cela fut fait, et pour la première fois, les membres se trouvèrent parfaitement informés de la situation financière de la société, ils surent le montant des sommes reçues et comment leurs fonds étaient employés. Chaque année, depuis lors, on donne aux membres des informations de cet ordre, tandis qu'auparavant le conseil seul en avait connaissance. Le mécontentement des savants qui demandaient des réformes se trouva amplement justifié et leurs critiques purent alors s'appuyer sur des arguments irréfutables.



Sir John Herschel.
(Reproduction autorisée par la Royal Society.)

Le conseil devint un organisme beaucoup plus actif que dans le passé, et l'assiduité de ses membres aux réunions augmenta aussitôt. Le duc de Sussex eut pour successeur Lord Northampton, un géologue ardent qui avait été pendant deux ans président de la *Geological Society*. Le conseil commença, sous sa direction, à préparer la réorganisation de la société, et nomma en 1846 une commission des Chartes chargée de rechercher comment les Chartes devaient être révisées en vue d'obtenir une Charte

supplémentaire de la couronne. La commission se composait du président, des vice-présidents et des sécrétaires auxquels fut adjoint W. R. Grove, mathématicien éminent et juriste de grande expérience.

Après une étude attentive de toute l'affaire, la commission décida que la révision des Chartes n'était aucunement nécessaire, les résultats désirés pouvant être obtenus au moyen de certaines réformes des statuts, et cela était du pouvoir du conseil.

Ce procédé avait en outre l'avantage de réaliser les modifications voulues sans avoir à porter la question devant l'assemblée générale des membres, assemblée à laquelle les adversaires de toute réforme auraient sans doute manifesté une opposition active. C'est pourquoi la commission proposa:

1) que l'élection des membres eût lieu le troisième jeudi de juin; 2) que le nombre de candidats recommandés par le conseil ne dépassât pas quinze par an; 3) que la liste des candidats fût imprimée et communiquée à tous les membres, la première semaine de mai.

De cette façon, on ne portait pas atteinte au droit que la Charte accordait aux *Fellows* constitués en corps, d'élire autant de candidats qu'il leur plaisait et ceux qu'il leur plaisait; mais, en pratique, l'assemblée anniversaire a toujours accepté les candidats recommandés par le conseil. Auparavant, vingt-cinq à trente candidats — et parfois quarante à cinquante — étaient élus chaque année, si bien que la nouvelle procédure provoqua bientôt une réduction du nombre des membres, réduction que l'on considérait depuis longtemps comme désirable. Les quinze candidats étaient choisis par les membres du conseil qui étaient presque tous hommes de science, et l'on avait aussi l'assurance que leurs mérites étaient de nature à augmenter la valeur scientifique de la société.

La commission, de même que le comité financier, firent leur rapport sur les effets que les modifications de statuts proposés pourraient avoir sur le revenu de la société, et tous deux furent d'avis qu'on serait en mesure de faire face ainsi aux dépenses courantes. Les nouveaux statuts furent donc adoptés par le conseil le 10 février 1847 et la première liste de quinze candidats proposés pour l'élection fut approuvée par une assemblée générale en juin 1848. Dix ans plus tard, une commission chargé de rendre compte du fonctionnement des statuts révisés, conclut que le nouveau système devait demeurer en vigueur, ses résultats s'étant avérés comme parfaitement satisfaisants.

En 1847, le nombre des membres était de 764; à la fin de 1860, il était tombé à 630, dont 330 étaient des hommes de science, si bien qu'ils constituaient maintenant, et pour la première fois, la majorité de la société.

Il y avait beaucoup à faire pour adapter l'administration aux circonstances nouvelles. Il fallait modifier la plupart des méthodes en usage jusque là. Par exemple, le nombre croissant de membres scientifiques et le développement rapide de toutes les branches de la science à cette époque, entraînaient un accroissement considérable du nombre des communications scientifiques à examiner, et à publier, en cas d'approbation, dans les *Philosophical Transactions* ou les *Proceedings*. En 1860, on avait déjà beaucoup fait et le conseil qui comptait à présent une moyenne de dix-neuf scientifiques sur vingt-et-un conseillers, administrait une société où l'élément scientifique dominait, et entièrement consacrée au progrès des sciences expérimentales. On semblait approcher du but proposé par les fondateurs.

En 1861, le général Sabine, spécialiste du magnétisme, fut élu président et il conserva pendant dix ans ce fauteuil. À cette époque, les conseils arrivèrent à la conclusion qu'une présidence prolongée n'était pas de l'intérêt de la société; de plus, le titulaire étant à présent choisi parmi les membres qui s'étaient distingués par leur œuvre scientifique, il semblait difficile qu'il put consacrer aux charges de ce poste, le temps voulu pendant une longue période. Sir Joseph Hooker succéda à Sabine, stipulant qu'il ne resterait pas président plus de cinq ans, son travail aux jardins botaniques de Kew devenant de plus en plus absorbant. C'était là précisément la durée déjà proposée au conseil, et elle fut adoptée comme limite d'une présidence. Aucune restriction de ce genre fut proposée pour les autres charges, et deux des secrétaires, de même que deux trésoriers, restèrent à leur poste pendant vingt ans ou plus. Cela était sans doute souhaitable à une époque de grands changements, mais, plus récemment, la durée de ces charges a été limitée à dix ans.

En 1857, le capital de la société atteignait 30.000 livres, mais le montant des souscriptions annuelles diminua avec le nombre des membres, tandis que les frais d'impression et de publication augmentaient en même temps que le nombre des communications scientifiques importantes aux *Philosophical Transactions* et aux *Proceedings*. La

situation financière serait devenue difficile, si le développement des quartiers de l'ouest de Londres n'avaient pas accru considérablement la valeur du terrain dans le village d'Acton où la société possédait environ 35 acres. En 1880, le conseil reçut un offre d'achat, concernant ce terrain, au prix de 32.000 livres, et l'acceptant, il améliora notablement sa situation financière. À la fin du siècle, les placements, au titre de fonds généraux, s'élevaient à 81.000 livres; tandis que les fonds pour médailles et conférences atteignaient la somme de 46.000 livres produit de nombreux legs. En 1828, le Dr Wollaston avait fondé le *Donation Fund* destiné à encourager la recherche scientifique. Depuis lors, d'autres legs avaient été faits à la société à des fins analogues, et le capital atteignait alors 40.000 livres. En 1900, la société se trouvait donc libérée de tout souci financier, et en mesure de soutenir la recherche de travailleurs de mérite par l'octroi de subventions dont le montant total s'élevait à 1.100 livres par an.

Sir Joseph Hooker.
(*Reproduction autorisée par la Royal Society.*)

Les tâches du conseil, tant scientifiques qu'administratives, augmentaient si rapidement qu'elles finirent par dépasser les possibilités du conseil et des comités pour les finances, la bibliothèque et le secours scientifique. Le nombre des comités fut donc augmenté si bien qu'on en comptait vingt à la fin du siècle. Un groupe spécial de huit comités ou sections scientifiques fut créé en 1896, procurant un grand soulagement au conseil pour son travail purement scientifique.

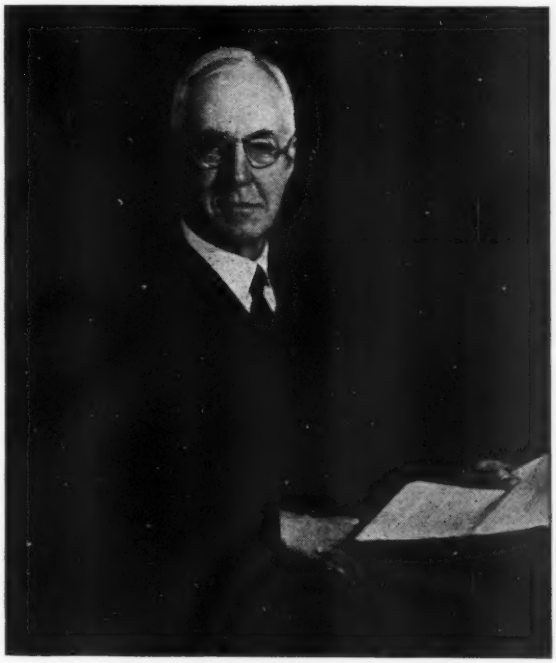
La société a toujours tenu à entretenir d'étroites relations avec les hommes de science des autres pays. En 1742, il avait été décidé de comparer le yard et la livre avec les mesures françaises correspondantes, et des étalons de l'un et de l'autre en avaient été fournis respectivement à la *Royal Society* et à l'Académie des Sciences de Paris. En 1787, puis en 1821, la société collabora avec les géodésiens français pour établir, avec toute la précision possible alors, la triangulation entre les observatoires de Greenwich et de Paris. En 1836, von Humboldt écrivit au duc de Sussex, alors président de la société, lui demandant son appui pour établir des stations d'étude du magnétisme terrestre en Angleterre et dans les colonies anglaises, ce qui fut fait. De temps à autre, des représentants britanniques, généralement nommés par la *Royal Society*, prenaient part à des commissions scientifiques internationales.

En 1894, la Société Royale de Göttingen invita la *Royal Society* à envoyer un représentant à une conférence à Insbruck où l'on devait discuter des observations sur la gravitation. L'invitation fut acceptée et fut suivie d'une autre en 1898, conviant la *Royal Society* à se faire représenter à une réunion des académies et sociétés scientifiques de Göttingen, Leipzig, Vienne et Munich. Le conseil accepta l'invitation et donna pour mandat à ses délégués au sujet de la question de l'adhésion de la *Royal Society* à une Association d'Académies en formation: de ne donner cette adhésion que s'il s'agissait d'une association authentiquement internationale comprenant d'autres nations et, particulièrement, la France. Cela fut accepté, et la *Royal Society* priée de s'assurer de l'opinion des Académies des Sciences de Paris, de St-Pétersbourg et de l'*Accademia dei Lincei* à Rome. Toutes se déclarèrent en faveur du projet, et l'Association internationale des Académies fut constituée. Elle demeura en activité pendant quatorze ans mais s'éteignit à la déclaration de guerre de 1914.

En 1857, la société entreprit la préparation d'un catalogue des publications scientifiques depuis 1800. Les frais de compilation furent couverts par les fonds de la société, mais le gouvernement prit à charge les frais d'impression et de

publication. L'expérience montra que le coût d'une publication analogue pour le siècle suivant dépasserait les moyens de n'importe quelle institution privée; aussi proposa-t-on de faire le travail par voie de coopération internationale. La question fut discutée par les délégués de nombreux pays et l'on décida de mettre à l'essai pendant cinq ans le système proposé: la *Royal Society* acceptait de se charger du travail et avançait le capital nécessaire pour l'impression, etc. Le résultat fut si satisfaisant que le système resta en vigueur pendant deux autres périodes de cinq ans; mais la guerre de 1914–18 interrompit cette publication. En 1919, le conseil international se réunit pour examiner la situation et décida de ne pas la reprendre.

À l'origine, les membres ne recevaient au sujet de l'administration de la société que des informations très restreintes, mais le conseil décida en 1896 de publier, au début de chaque année, un volume contenant des nouvelles relatives aux diverses activités de la société. Depuis lors, cet annuaire a régulièrement paru au mois de janvier de chaque année. En 1898, certaines informations recueillies pour l'annuaire, mais d'un caractère pratiquement permanent, telles que le texte des Chartes, furent rassemblées pour former le *Record of the Royal Society*. Celui-ci ne fait l'objet que de publications spéciales; la dernière édition (la quatrième) parut en 1940. La politique du conseil était désormais de tenir les membres au courant des changements opérés de temps à autre dans l'administration et de les consulter eventuellement, bien que le conseil conservât le droit, octroyé à lui par la Charte, d'établir règlements et statuts de sa propre autorité. En 1915, le conseil décida de distribuer son *Report to the Society*, remis à tous les membres à l'occasion de l'assemblée anniversaire, et de le discuter à une réunion générale spéciale au début de novembre, afin de l'examiner et de tenir compte des suggestions faites. En 1916, le conseil ordonna que la liste des futurs membres serait soumise aux comités qui discuteraient les candidatures. En 1918, on ordonna que tout nouveau statut ou modification des statuts existants devrait être, avant adoption, examiné à une assemblée spéciale. En 1935, le conseil décida d'ajouter au compte rendu du conseil les rapports annuels des directeurs de recherches, des *Fellows* et des étudiants nommés par le conseil et dont les frais étaient couverts par les fonds de recherche de la société. De cette façon, comme par la publication annuelle ou bi-annuelle des *Notes and Records of the Royal Society*, on met actuellement une quantité considérable de renseignements intéressants à la disposition des membres de manière régulière.



Sir Henry Dale.
(*Président régnant de la Royal Society.*)

En 1919 et au cours des années suivantes, la société reçut des dons et legs très importants, dont le revenu est consacré à la recherche dans certaines branches particulières de la science. Grâce à ces dons, le capital total des fonds de recherche s'était, en 1939, accru d'environ 550.000 livres. Le revenu correspondant a permis à la société de nommer quinze à dix-huit professeurs, *Fellows* et étudiants dignes de consacrer la plus grande partie de leur temps à certaines branches de recherche avec l'approbation du conseil.

Ainsi les efforts des membres de la société au cours des quatre-vingt-quinze années écoulées depuis la réforme des statuts de 1847 ont porté leurs fruits. Considérant à la fois les multiples perfectionnements apportés dans l'administration de la société et l'avance notable réalisée dans les sciences, nous pouvons envisager avec confiance les immenses possibilités de progrès réservés encore dans l'avenir aux *Fellows* de la *Royal Society*.

Les invasions de sauterelles et les moyens de les combattre

A. D. IMMS

Les sauterelles ont constitué depuis les temps les plus reculés une menace pour les récoltes, et ce fléau est encore aujourd'hui tout aussi dangereux pour beaucoup de vastes régions d'Afrique et d'Asie. Au cours des dernières années, l'étude de ces insectes voraces, et de leurs migrations massives, ont été faites par des méthodes scientifiques, et l'on a tout lieu d'espérer maintenant qu'une contre-offensive efficace est devenue possible.

Les sauterelles ou criquets appartiennent à la famille des acridiens qui comprend la sauterelle commune à antennes courtes (figure 1). On connaît plusieurs milliers d'espèces d'acridiens, mais, heureusement, seules quelques-unes d'entre elles appartiennent à la catégorie des sauterelles. On peut définir le criquet de la façon suivante: une espèce de sauterelle à antennes courtes (figure 7), qui, à certaines périodes, devient particulièrement grégaire et effectue des migrations en nuées compactes, à des distances considérables. Les dégats causés par ces insectes ont constitué une terrible menace pour les récoltes depuis que l'homme a commencé à pratiquer l'agriculture (figure 5). Les écrits de Pline et de nombreux textes chinois, égyptiens et grecs font mention des sauterelles et de leurs mœurs, sans parler des allusions familières que l'on rencontre dans la Bible. On a trouvé sur une fresque décorant une sépulture égyptienne, datant de 2400 avant J.-C., une représentation de sauterelles.

Le cycle de développement du criquet est le suivant. La femelle pond dans le sol des « cocons » ou paquets d'œufs. Dans les pays où l'hiver est rigoureux, les œufs restent au repos jusqu'au printemps; à ce moment ils éclosent et les jeunes insectes, ou larves sauteuses, viennent à la surface du sol. Dans les régions tropicales, si l'humidité est suffisante, les œufs éclosent au bout de quelques semaines. La différence entre les sauterelles et les criquets se manifeste dès ce stade larvaire: dans la première catégorie chaque individu vit indépendemment, tandis que, dans la seconde, ils se rassemblent en masses compactes (figure 4). Le développement ultérieur consiste en une croissance rapide, avec des périodes de mues qui se produisent de quatre à six fois avant que l'insecte n'arrive à la forme adulte. Le cycle entier dure environ un an sous un climat tempéré, mais, dans les régions tropicales, il peut y avoir deux ou trois générations par an. Les larves de criquets manifestent une tendance à mouvoir en masses, et ces mouvements peuvent parfois s'étendre sur plusieurs kilomètres carrés. Ces hordes d'insectes avancent inexorablement en dévorant tout ce qu'elles trouvent devant elles, et sans prendre garde aux obstacles. Elles sont mues par une force irrésistible qui n'est pas la faim, puisqu'il arrive qu'elles quittent une région fertile pour se diriger vers une région aride. Des recherches récentes ont prouvé que c'est la température qui influence ces mouvements et qu'ils ne se produisent que si celle-ci est suffisamment élevée; cependant, une chaleur excessive les arrête aussi bien que le froid. Les adultes ailés se déplacent aussi en masses et forment d'énormes nuées ou vols.

La solution du problème posé par les sauterelles a été longtemps masquée par deux phénomènes principaux. Le premier est l'irrégularité avec laquelle les invasions se produisent: il ne s'agit pas d'évènements annuels, mais d'évènements qui se reproduisent à des intervalles de plusieurs années (figure 8). Les mesures de défense sont organisées hâtivement et leur application peut permettre de parer au plus pressé, mais elles sont en général appliquées trop tard, et, de plus, ne permettent pas de prévenir la menace d'invasions futures. Le second phénomène est le fait qu'un vol de sauterelles peut se former dans une région et causer des dégats dans un grand nombre d'autres pays qui vont se trouver sur son parcours.

Et pourtant, quelle que soit l'efficacité des mesures prises séparément dans chacun de ces pays, celles-ci n'ont aucune influence sur la situation générale, c'est-à-dire le point de départ de ces

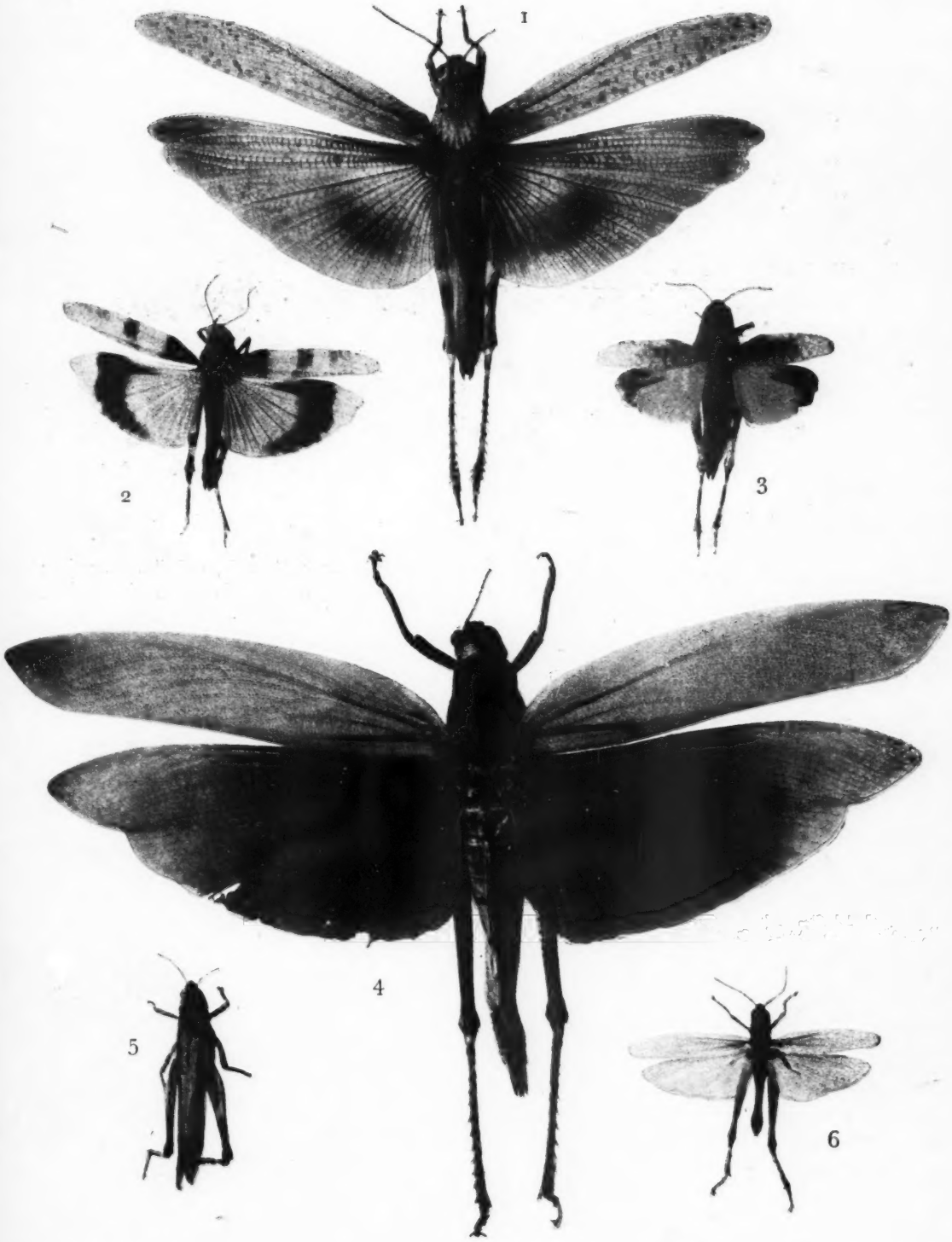


FIGURE 1 – *Acridiens ou sauterelles à antennes courtes (grandeur naturelle).* 1, Anacridium aegyptium, *Midi de la France.* 2, Oedipoda coelurescens, *Savoie.* 3, Psophus stridulus, *Tyrol.* 4, Titanacris albipes, *Amazone.* 5, 6, Mecostethus grossus, *la plus grande des sauterelles anglaises à antennes courtes.*

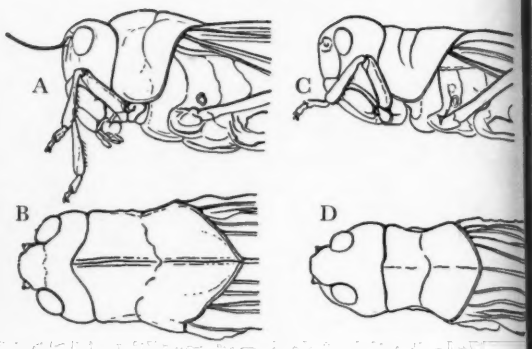


FIGURE 2 (*en haut à gauche*) – *Montrant le type de contrée qui constitue une région de départ pour le criquet du désert, sur la côte soudanaise de la Mer Rouge.*

FIGURE 3 (*en haut*) – *Forme du thorax chez le criquet nomade africain.* A, B, *dans la phase solitaire;* C, D, *dans la phase grégaire ou migratoire.*

FIGURE 4 (*à gauche*) – *Feuilles de cocotiers cédant sous le poids des criquets qui se sont posés sur elles: près de Cebu, aux Iles Philippines.*

FIGURE 6 (*en bas*) – *Une nuée de sauterelles: à la frontière du Kénya et de l'Ouganda.*

FIGURE 5 – *Criquets marocains (jeunes) posés sur le blé: Caucase.*

ntrée
ésert,

iquet
dans

us le
Cebu,

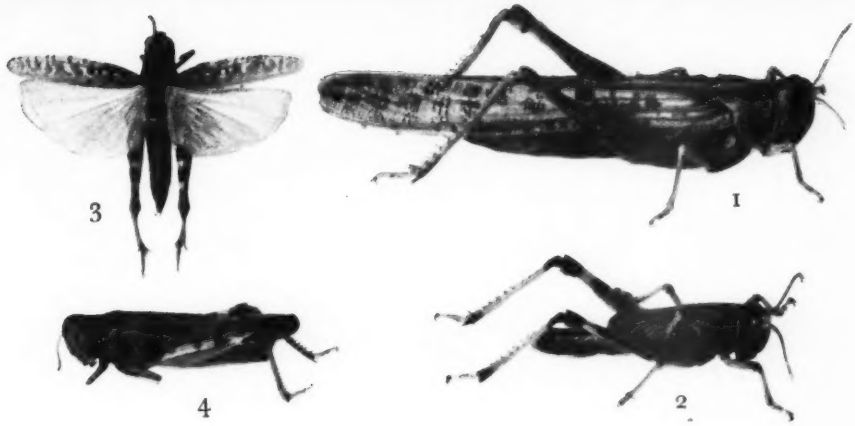
fron-

rée
rt,

uet
ans

le
bu,

on-



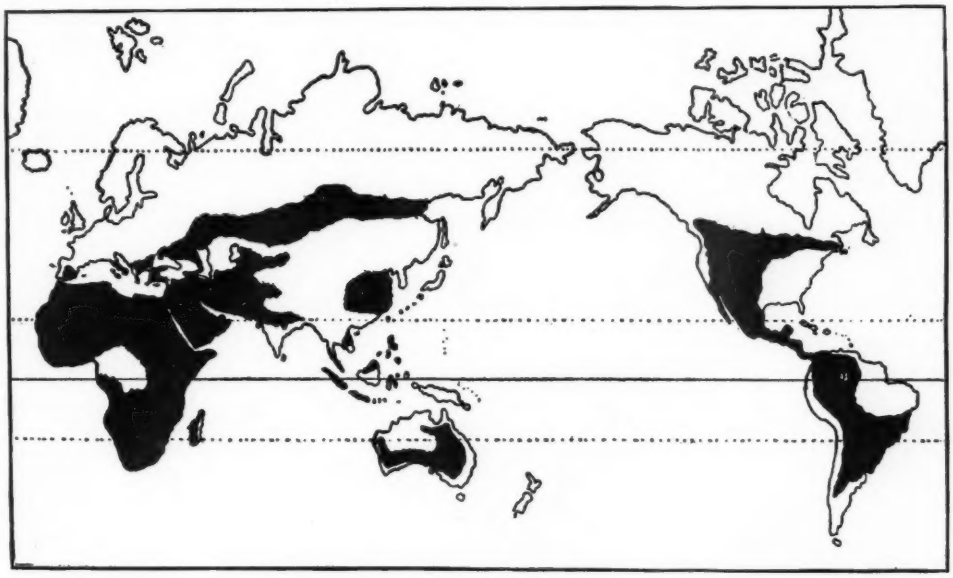
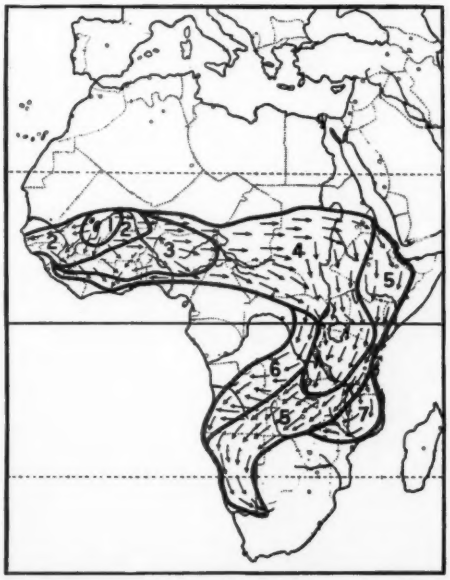


FIGURE 7 (*en haut*) – *Types de criquets* (*grandeur naturelle*). 1, *Criquet de désert* (Schistocerca gregaria), *adulte ailé.* 2, *Jeune de la même espèce montrant le développement des ailes.* 3, *Criquet italien* (Calliptamus italicus): *Midi de la France.* 4, *Criquet marocain* (Dociostaurus maroccanus): *Smyrne.*

FIGURE 8 (*au milieu*) – *Les régions du monde sujettes aux invasions par les criquets et les sauterelles nuisibles sont indiquées en noir.*

FIGURE 9 (*à droite*) – *Étendue de l'invasion de criquets nomades africains en* 1928, *en partant des régions où le vol s'est formé, en indiquées par deux points dans la zone envahie dès la première année. Les zones* 2, 3, 4, *etc., représentent l'extension de l'invasion au cours des années suivantes jusqu'en* 1934. *Les flèches indiquent les principales directions de l'invasion.*



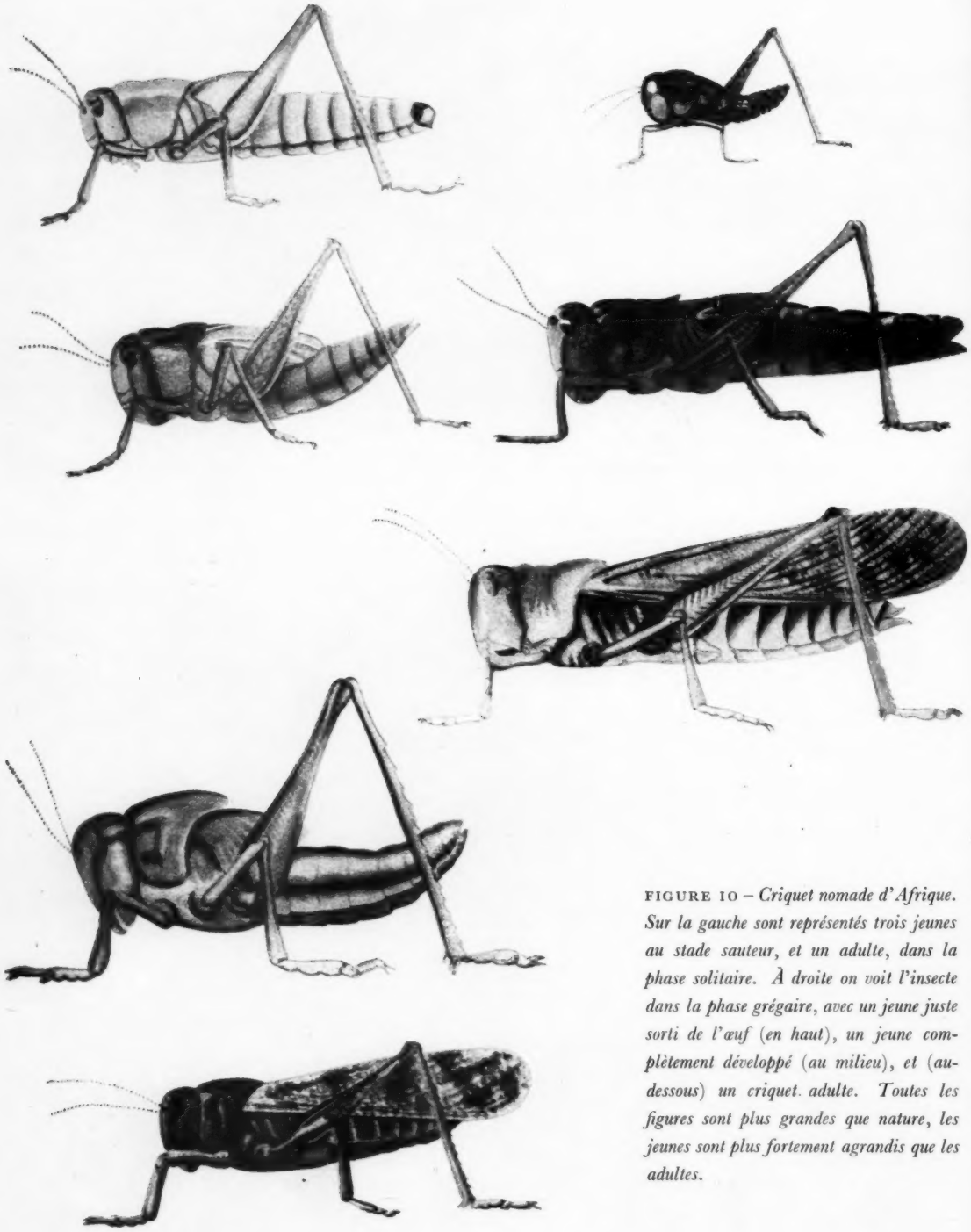


FIGURE 10 – *Criquet nomade d'Afrique. Sur la gauche sont représentés trois jeunes au stade sauteur, et un adulte, dans la phase solitaire. À droite on voit l'insecte dans la phase grégaire, avec un jeune juste sorti de l'œuf (en haut), un jeune complètement développé (au milieu), et (au-dessous) un criquet adulte. Toutes les figures sont plus grandes que nature, les jeunes sont plus fortement agrandis que les adultes.*

vols. Par exemple, les nuées de criquets du désert se forment généralement dans l'Inde pendant les pluies de la mousson d'été; elles émigrent en Perse et en Arabie, où leurs descendants forment d'autres vols qui peuvent se rendre en Asie soviétique, en Palestine, en Iraq, en Égypte et en Afrique Orientale. Ainsi, le manque de connaissances de base, et l'absence d'un programme d'ensemble, ont depuis des temps immémoriaux empêché les hommes de combattre aves succès ce fléau (figure 6).

En 1931, B. P. Uvarov, de l'*Imperial Bureau of Entomology* de Londres, formula une hypothèse qui a été connue par la suite sous le nom de théorie des « phases » des sauterelles. Les observations faites plus tard en 1932 en Afrique du Sud, à la fois au laboratoire et sur le terrain, par J. C. Faure, et en d'autres endroits par d'autres chercheurs, ont si complètement confirmé les principales hypothèses d'Uvarov que cette théorie des phases est considérée aujourd'hui comme un phénomène biologique bien établi. Le point de départ de cette théorie est que la sauterelle peut exister sous trois phases biologiques: une phase solitaire (*phasis solitaria*), une phase grégaire ou migratoire (*phasis gregaria*), et une phase de transition (*phasis transiens*). Prenons comme exemple le criquet nomade d'Afrique (*Locusta migratoria migratorioides*) (figure 10); la *phasis gregaria* au stade sauteur est toujours colorée en noir et jaune-orange foncé. Les adultes ont un pronotum court et retréci (figure 3 C, D), et le rapport de la longueur de la première paire d'ailes à celle du fémur de la dernière paire de pattes est égal ou supérieur à 2. Dans la *phasis solitaria*, les jeunes au stade sauteur sont colorés de diverses manières et tendent à s'adapter à la coloration de leur milieu. Les adultes ont un pronotum plus large et plus long avec une carène dorsale (figure 3 A, B), et le rapport aile/fémur est toujours inférieur à 2. La *phasis transiens* est un type intermédiaire entre les deux autres phases.

En faisant varier les conditions, on peut élever expérimentalement des sauterelles à partir des œufs, de telle sorte qu'ils se développeront en donnant à volonté une phase déterminée.

On sait maintenant que la périodicité des invasions de criquets est liée à la transformation de ces insectes, de l'inoffensive phase solitaire à la vorace phase migratoire. Cette transformation se produit dans certaines régions localisées, ou « régions de départ », dont les conditions de climat et de végétation sont particulières à chaque espèce de sauterelle. Les vols de criquet nomade africain qui se levèrent en 1928 dans une région peu étendue du Moyen Niger, au Soudan Français, causèrent l'invasion d'une grande partie de l'Afrique (figure 9). On a repéré quelques-unes des régions de départ de criquet du désert (*Schistocerca gregaria*) dans les territoires en bordure de la Mer Rouge (figure 2), tandis que les vols de criquet marocain (*Dociostaurus maroccanus*) se développent sur les flancs de collines pierreuses où la végétation est clairsemée. L'étendue des déplacements de ces vols de criquets rend inefficaces les efforts isolés que chaque pays pourrait tenter pour les arrêter. En 1928, une sérieuse invasion de criquets du désert poussa le Gouvernement Britannique à faire le premier pas vers la solution du problème en établissant un organisme de recherche spécialisée. Cette entreprise purement britannique eut pour résultat le premier Congrès International de la Sauterelle qui eut lieu à Rome en 1930 (le cinquième Congrès eut lieu à Bruxelles en 1938). Ce congrès demanda à l'organisme britannique de remplir les fonctions de centre international chargé de recueillir les renseignements et d'indiquer la procédure à suivre pour les recherches. Aujourd'hui il existe à Londres un *Anti-locust Research Centre* dirigé par Sir Guy Marshall, F.R.S., et dont l'organisateur technique est le Dr B. P. Uvarov. Des recherches entreprises de concert par des groupes de spécialistes britanniques, belges, français, sud africains, égyptiens et indiens ont permis de réunir sur place un grand nombre de données. Au prix de grandes difficultés on procède actuellement au repérage des centres de départ des vols de criquets; ces centres se trouvent souvent dans des territoires lointains et inhospitaliers, mais ils sont soumis à une constante surveillance. Par ce moyen on peut noter, aussitôt qu'elle se manifeste, toute tendance à former des vols; de plus, on peut prévenir les régions qui ont des chances d'être atteintes, ce qui permet de prendre à temps les mesures de protection nécessaires. Enfin on peut détruire les vols en cours de développement dans ces centres mêmes, ou bien l'on peut modifier les conditions écologiques existantes, soit par la culture, soit par d'autres moyens, de telle sorte qu'elles ne seront plus favorables à la formation des nuées devastatrices.

[Nous sommes redevables de la figure 4 au *Bureau of Agriculture*, Îles Philippines. Le *Anti-locust Research Centre* de Londres nous a fourni les figures 2, 5, 8, et 9. La figure 3 est dûe à J. C. Faure; et les figures 1, 7, et 10 proviennent du Musée de Zoologie de l'Université de Cambridge.]

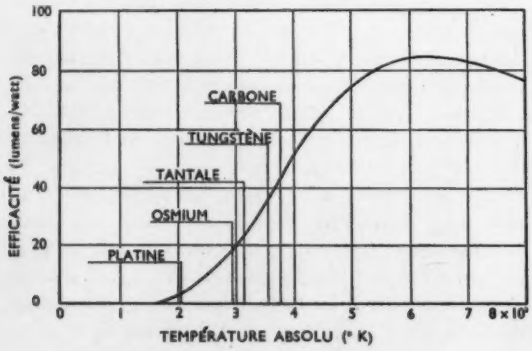
L'évolution de la lampe électrique

J. N. ALDINGTON

Il ne manque pas de méthodes pour transformer l'énergie électrique en lumière. L'un des procédés les plus anciens, l'arc lumineux de Sir Humphry Davy, n'a pas perdu toute utilité, mais l'ingéniosité scientifique moderne a fait naître une étonnante variété de lampes électriques de différentes sortes, adaptées à tous les usages possibles. Mr Aldington décrit certains types existants et imagine ce que pourrait être la lampe de demain.

Un évènement historique marquant eut lieu au début du XIXème siècle quand Sir Humphry Davy, au cours d'une conférence à la *Royal Institution*, montra expérimentalement la production de l'arc lumineux à charbon. Toutefois, de réels progrès ne firent guère se produire avant que Faraday n'ait construit, en 1831, sa fameuse machine à induction électromagnétique.

En 1845, J. W. Starr démontra que le passage du courant électrique dans un fil de platine produisait de la lumière. Les travaux portèrent ensuite sur les deux points suivants: comment réduire les pertes d'énergie dans le filament et comment choisir des matières permettant d'avoir des filaments fonctionnant à des températures plus élevées que le platine. Cette phase de l'évolution de la lampe électrique est représentée sur le graphique ci-dessous qui montre le rendement d'un corps incandescent, mesuré en lumens par watt, en fonction de la température absolue. On a également indiqué les points de fusion d'un certain nombre d'éléments; il est cependant nécessaire d'insister sur le fait que le point de fusion n'est pas un critérium suffisant pour juger si la substance pourra convenir. Par exemple, bien que le carbone ait un point de fusion plus élevé que tout autre élément, sa volatilité à haute température dépasse énormément celle du tungstène. Néanmoins, un grand nombre de matières organiques diverses ont été carbonisées au cours d'essais répétés pour produire un filament fin, réfractaire et possédant la haute résistance voulue. Il faut reconnaître le grand mérite de Swan en Angleterre et d'Edison en Amérique qui finalement achevèrent des succès remarquables par la carbonisation des matières aussi diverses que du parchemin, des fils de coton, des fragments de bambou, et surtout d'une matière assez semblable à la fibre de la soie artificielle moderne (figure 1).



On reconnut vers le milieu du XIXème siècle qu'un filament monté dans une ampoule à vide pouvait être porté à l'incandescence avec un rendement meilleur que celui du même filament fonctionnant dans l'air. De plus, dans les travaux originaux de Swan et d'Edison, l'ampoule à vide était nécessaire à cause de la facilité avec laquelle le carbone s'oxyde si on le porte à l'incandescence dans l'air. L'adresse du souffleur de verre et les progrès de la technique du vide devinrent ainsi les éléments essentiels de l'industrie des lampes.

L'industrie nouvelle avait dès le début attiré les travailleurs scientifiques, et le succès qui couronna leurs efforts contribua graduellement à établir, en liaison avec la fabrication, un système d'organisations de recherches, d'extension des applications et de contrôle scientifique dûment reconnues. C'est à cela que l'on doit les progrès étonnants dans les méthodes de production de lumière, et dans l'inauguration de nouvelles sources de lumière à rendement de plus en plus élevé.

C'est vers le début de ce siècle que Von Bolton et ses collègues trouvèrent un procédé grâce auquel l'élément réfractaire « tantale » pouvait être étiré en fils. Cette étape permit à Siemens et Halske d'annoncer, en 1903, qu'ils avaient réussi à produire des lampes à filament de tantale à bas wattage avec un rendement plus élevé que des lampes à filament de carbone de même dimen-

sion. Le filament de tantale, relativement long et mince, devait être soutenu en un certain nombre de points, et la figure 3 montre la méthode employée. On y voit une lampe à filament de tantale, faite en 1905, comparée avec une lampe à filament de carbone de 1882 faite par Lane Fox.

Pendant la période que nous venons de passer en revue, on tenta à plusieurs reprises de préparer des filaments de tungstène — le plus réfractaire de tous les métaux. On finit par réussir, en 1907, en forçant à travers des filières de diamant une pâte faite de poudre de tungstène extrêmement fine dans un liant volatil. Les filaments ainsi produits étaient repliés en épingle à cheveu, et après chauffage pour faire disparaître le liant, on les montait en série au moyen de soudure à l'arc, sur une succession de supports en forme de V. Il en résultait une structure, représentée figure 4, qui était ensuite scellée dans une ampoule de verre, celle-ci devant finalement être vidée. Malgré la fragilité de la structure du filament, cette première lampe à filament de tungstène fonctionnant avec un rendement double de celui de la lampe à filament de carbone, jouit d'un succès considérable jusqu'au moment où on la remplaça par la lampe à filament de tungstène étiré.

En 1906, Coolidge commença des recherches sur les possibilités de produire du tungstène ductile. On savait que le tungstène fondu, contrairement aux autres métaux purs comme le cuivre et l'or, était extrêmement fragile et ne pouvait être étiré. Dans le procédé Coolidge, la poudre de tungstène, à laquelle on ajoutait un petit pourcentage d'additif, était moulée en bâtonnets rectangulaires sous pression hydraulique. Ces bâtonnets étaient ensuite concrétés par le passage d'un courant électrique, à une température d'environ 3.300° absolus et dans une atmosphère d'hydrogène. Ainsi les bâtonnets si fragiles de poudres comprimées se trouvaient transformées en tiges métalliques suffisamment ductiles pour être traitées, à environ 1.500° absolus, selon le procédé appelé martelage. Le martelage était suivi d'un étirage à chaud, grâce auquel on obtenait finalement des fils de très petit diamètre. Les cristallites métalliques résultant de la concrétion subissaient au cours de ces opérations des déformations plastiques telles que finalement on obtenait une structure fibreuse de très grande résistance mécanique. Les microphotographies de la figure 5, dont l'agrandissement correspond à 500 diamètres, représentent respectivement les structures de la poudre agglomérée, celles des bâtonnets martelés et celles du fil de tungstène étiré.

Un grand progrès a été réalisé en 1913 quand Langmuir démontra que le noircissement des lampes à vide venait de l'évaporation normale du filament de tungstène. Il proposa donc de remplir l'ampoule d'une atmosphère de gaz inerte pour réduire le taux d'évaporation et pour permettre d'augmenter le rendement du filament en service. Il montra qu'en utilisant un filament spiralé au lieu d'un filament droit, la perte d'énergie par convection et conduction n'était pas seulement réduite, mais plus que contrebalancée, grâce à l'effet de l'atmosphère gazeuse; enfin ceci permit d'utiliser le filament à des températures plus élevées. On se servait dans les premières expériences d'azote sous une pression d'environ 1 atmosphère, mais on ne tarda pas à s'apercevoir que l'argon serait préférable à cause de sa conductivité thermique, plus basse que celle de l'azote. On entreprit alors la production industrielle de l'argon, et la lampe à atmosphère d'argon fut lancée sur le marché en 1915.

La lampe à filament spiralé (*voir* figure 6), qui fit son apparition au cours de la dernière décade, représente la suite logique des recherches de Langmuir. En produisant un filament stable, plus court que le filament à simple enroulement de même rendement, les pertes par convection furent tellement réduites qu'on pût obtenir un véritable accroissement du rendement pour une durée donnée. À une date ultérieure, on produisit du krypton en quantité suffisante pour qu'il puisse être utilisé avantageusement, au point de vue du rendement, comme atmosphère de certains types de petites lampes spéciales. Les progrès de la technique du vide, et la fabrication de verres spéciaux, aussi que les avances réalisés parallèlement dans des domaines connexes, ont rendu possible la production de lampes à filaments de tungstène très diverses, fonctionnant avec des rendements multiples de celui des premières lampes à filament de carbone. La figure 7 représente quelques exemples typiques de lampes spéciales pour projecteurs.

Les premières expériences sur les lueurs et les décharges lumineuses dans les gaz ou dans les vapeurs de métaux furent surtout poussées à cause de l'attrait extraordinaire exercé par le phénomène observé; on fit à peine attention à l'aspect utilitaire de la question. En fait, c'est seulement au cours de ces vingt dernières années qu'on a pu accomplir des progrès d'une importance capitale au point de vue commercial. Ce qui était bien caractéristique des premiers tubes de gaz à décharge, dont la luminosité était dûe à la colonne positive, c'est que la lueur était très peu brillante

et qu'en général l'opération nécessitait un voltage élevé. Les tubes à décharge de Geissler, Crookes, Hittorf, entre autres, ne valaient guère mieux que des appareils amusants de laboratoire; ils ont pourtant été les prédécesseurs immédiats de la lampe à vapeur de mercure de Cooper Hewitt (1900), du tube à gaz carbonique de Moore (1916) et du tube à néon de Claude (1920). Pendant assez longtemps on a cru que la production de lumière par décharge électrique serait limitée à l'emploi de lampes tubulaires de très grandes dimensions par rapport aux lampes à filament de tungstène de même rendement. Mais le progrès rebondit quand on trouva le moyen de se servir dans les appareils à décharge électrique de cathodes émettrices à base de terres alcalines; cette étape rendit possible la fabrication de lampes à vapeurs métalliques de dimensions raisonnables et de grand rendement lumineux pouvant s'adapter directement sur les canalisations électriques à voltage courant. La première de ces lampes qu'on pu se procurer pour l'éclairement général contenait du sodium. Son succès dépendait tout d'abord de la possibilité d'obtenir un verre spécial supportant sans s'obscurcir l'action de la vapeur chaude de sodium. Les rendements élevés que l'on obtient aujourd'hui avec cette lampe sont dûs à la position favorable de la radiation de résonnance du sodium par rapport à la région de visibilité maximum de l'œil normal. Les types de lampes du commerce, soit de 85 watts, soit de 140 watts, ont un rendement initial de 70 lumens par watt et, pratiquement, tout le rayonnement est émis aux longueurs d'onde de 5.890 – 5.896 A.

Toutefois, l'élément qui donne la vapeur la plus appréciée pour le remplissage des lampes à décharge est certainement le mercure, et ceci non seulement à cause de son spectre caractéristique mais aussi grâce au fait que son point d'ébullition est relativement peu élevé. Pendant la dernière décade, on a vu naître toutes sortes d'applications variées, basées sur les propriétés de la vapeur de mercure excitée par l'électricité dans des conditions très diverses. On peut juger par le tableau résumé ci-joint de quelques-unes des plus importantes de ces applications.

Dans le premier groupe de lampes, la vapeur de mercure fonctionne sous une pression d'environ 0,01 mm. et l'effet principal de la décharge est de produire l'émission des radiations de résonnance du mercure (longueurs d'onde 1.850 A et 2.537 A). Cette dernière radiation ultra-violette est absorbée par un mélange de poudres fluorescentes dont la surface intérieure du tube à décharge est enduite et elle les rend lumineuses (voir ENDEAVOUR, 1943, **II**, N° 5, 25).

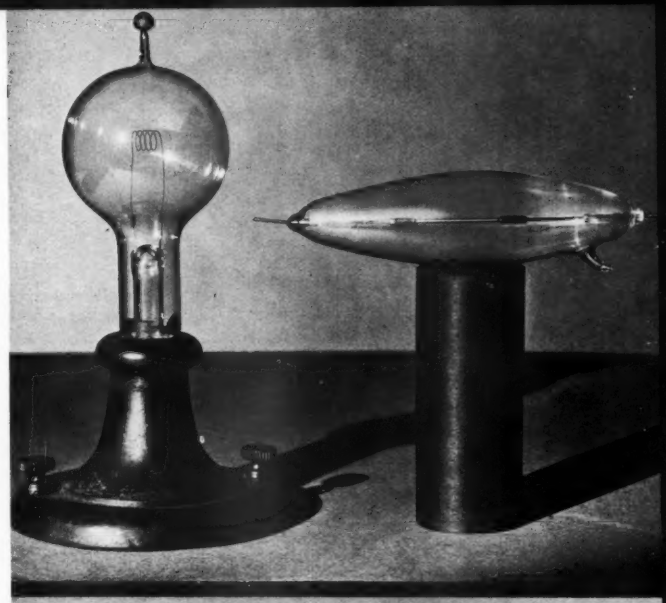
Pression de vapeur de mercure	*Type de lampe et caractéristiques*	*Service*
Environ 0,01 mm.	Tension du réseau ou supérieure: tubes dont la surface intérieure est enduite de poudre fluorescente. Lampes brillant peu mais dont le rendement est élevé	Usage général et éclairage décoratif
Environ 0,5 – 5,0 atmosphères	Tension du réseau: tubes à décharge en verre très dur ou en quartz montés dans un tube enveloppé. Rendement élevé	Usage général et éclairage de la voie publique
	Tubes à décharge sur tension du réseau; montés dans une ampoule enduite de poudres fluorescentes: rendement élevé et amélioration des teintes	Éclairage général lorsqu'il est préférable d'améliorer les teintes
5 – 100 atm.	Tension du réseau: sources de lumière à peu près sphériques fonctionnant dans des ampoules de quartz. Rendement élevé et lumière très brillante	Projecteurs et mêmes usages que les arcs lumineux qu'elles remplacent
	Source de lumière linéaire sur haute tension: rendement élevé et lumière intense	Projection par source linéaire pour certains travaux

La nature et la composition du mélange de poudres fluorescentes peuvent être réglés de manière à ce que la lumière produite, sous un rendement d'environ 35 lumens par watt, soit très semblable à la lumière du jour. Au contraire, on peut fabriquer des tubes produisant une gamme très étendue de couleurs, et on pouvait se procurer ceux-ci en Grande Bretagne il y a sept ou huit ans, dans la série des tubes fonctionnant sous haute tension. Cependant, ce n'est guère avant l'apparition de la lampe fonctionnant sur tension du réseau que l'usage de l'éclairage par fluorescence put se généraliser; ceci se produisit en Amérique en 1938 et en Grande Bretagne en 1940. Pour l'instant, on ne fabrique dans ce pays que des lampes à fluorescence « lumière du jour » de 80 watts, mais on peut prévoir sans nul doute que dès le retour aux conditions normales, l'idée de ces lampes fera du chemin et qu'on les produira en différentes couleurs et en diverses tailles. La caractéristique la plus remarquable de ce type de source lumineuse est sa faible brillance intrinsèque qui, pour la lampe de 80 watts, est de l'ordre de 0,5 bougie par centimètre carré.

La lumière des lampes des second et troisième groupes est fournie directement par la vapeur de mercure excitée par l'électricité. La pression de régime correcte n'est atteinte qu'après un temps suffisant pour que le tube de verre ou de quartz où la décharge se produit soit porté à une température supérieure au point d'ébullition du mercure. Il est donc clair que l'ampoule formant la lampe doit être dessinée de manière à ce que

sa surface soit isotherme afin d'éviter la surchauffe en certaines régions. Il faut aussi tenir compte des rapports entre la température de régime de la lampe et la nature (et les propriétés) de la matière dont elle est faite. On a établi des verres spéciaux au borosilicate pour les lampes à mercure de 250 et 400 watts, et on utilise le quartz pour lampes sous pression plus élevée si les conditions de températures dépassent alors ce que ces verres peuvent supporter. La figure 8 montre une lampe typique de la série des 400 watts, établie principalement pour l'éclairage de la voie publique. Le coefficient de dilatation du verre à haute teneur en silice, ou du quartz lui-même, est beaucoup moins élevé que celui des fils spéciaux qui servent aux soudures tenant le vide, communes dans la fabrication des lampes à incandescence. On a cependant trouvé le moyen de relier les caractéristiques de dilatation du verre à celles du tungstène ou du molybdène de manière à pouvoir faire des scellements directs et satisfaisants dans des appareils fonctionnant même à de hautes températures (environ 500°). Le problème des scellements hermétiques pour le quartz s'est avéré beaucoup plus complexe et a dû être étudié pendant plusieurs années. La solution une fois trouvée, de nouveaux champs d'application se sont ouverts et on a déjà pu recueillir le fruit de ces efforts sous la forme de lampes à vapeur métallique sous très forte pression, lampes qui sont douées d'une brillance extrêmement élevée.

Il est très remarquable que le spectre lumineux de l'arc au mercure, produit selon les conditions de haute pression de vapeur et de densité de courant que l'on rencontre dans certaines lampes modernes, ressemble si fortement à celui d'un corps incandescent. Cet effet est bien illustré par la figure 9. Lorsqu'on augmente la pression, la position du maximum d'énergie se déplace à partir de la longueur d'onde de 2.537 A vers l'émission de raies dans le spectre visible, ce qui a pour résultat d'augmenter le rendement de la production de lumière. Les possibilités d'utiliser le phénomène d'une manière encore plus efficace sont loin d'être épuisées, et les recherches continuent.



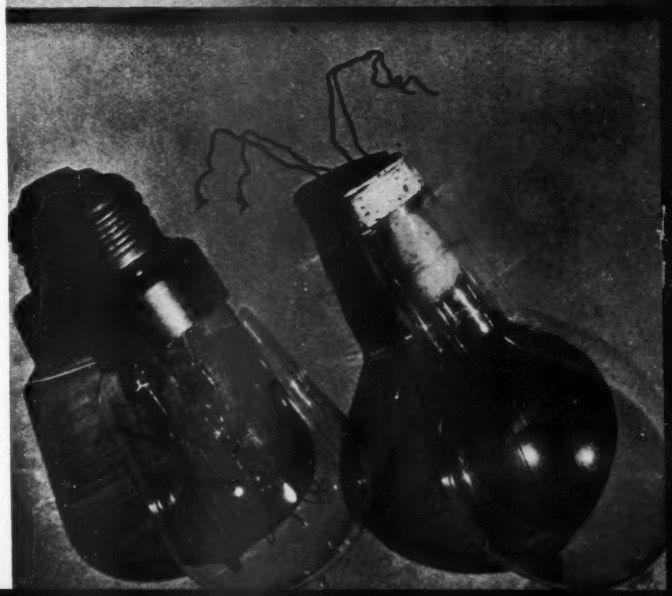


FIGURE 1 (*en haut*) – *À gauche, la lampe d'Edison*, 1879; *à droite, la lampe de Swan* (1878).

FIGURE 2 (*au milieu*) – *Lampes à filament de carbone de types divers* (1880-90).

FIGURE 3 (*en bas*) – *À gauche, tantale* 1905; *à droite, Lane Fox*, 1882.

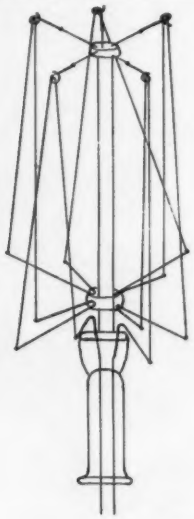
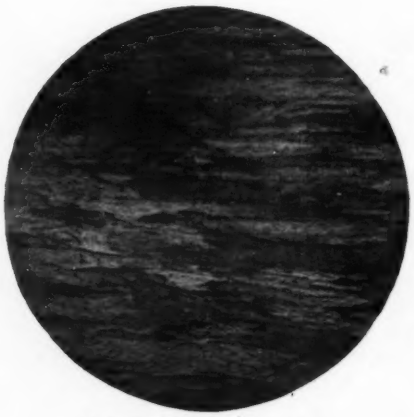
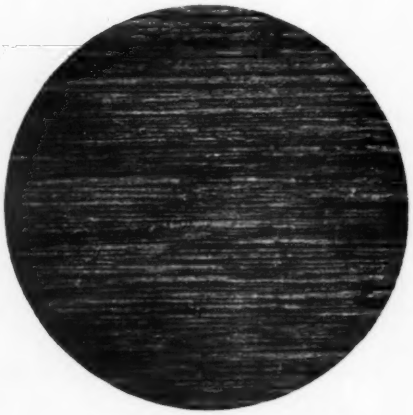


FIGURE 4

Bâtonnet concrété; section carrée de 7 mm.



Tige martelé; diamètre 4 mm.



Fil étiré; diamètre 0,4 mm.

FIGURE 5

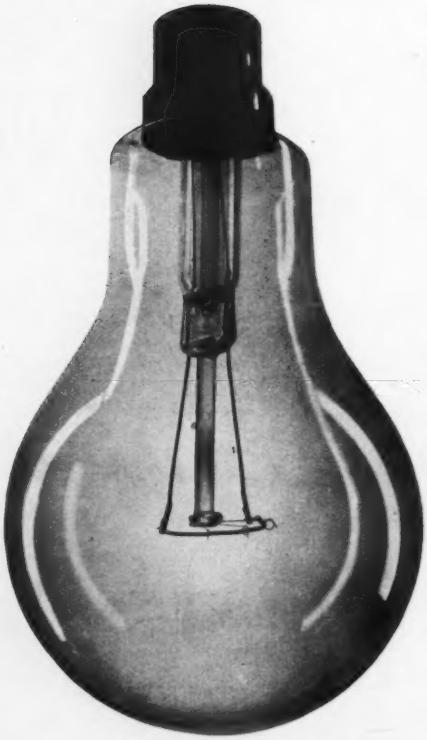
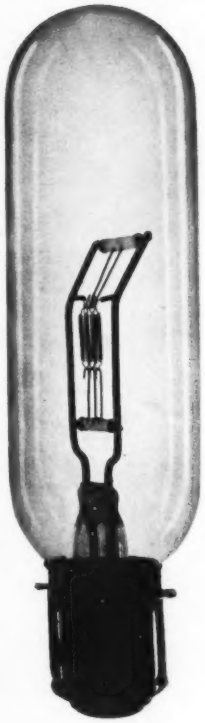


FIGURE 6 – *Lampe à filament spiralé.*



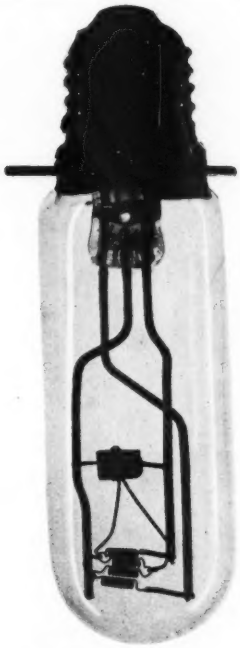


FIGURE 7 – *Lampes de projecteurs.*

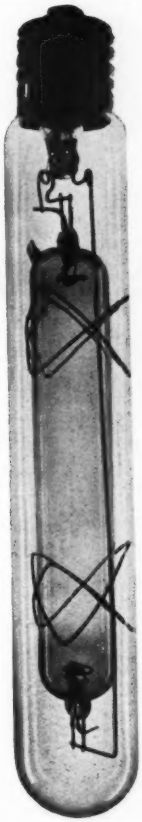


FIGURE 8 (*à droite*) – *Lampe à haute pression de mercure de* 400 *watts.*

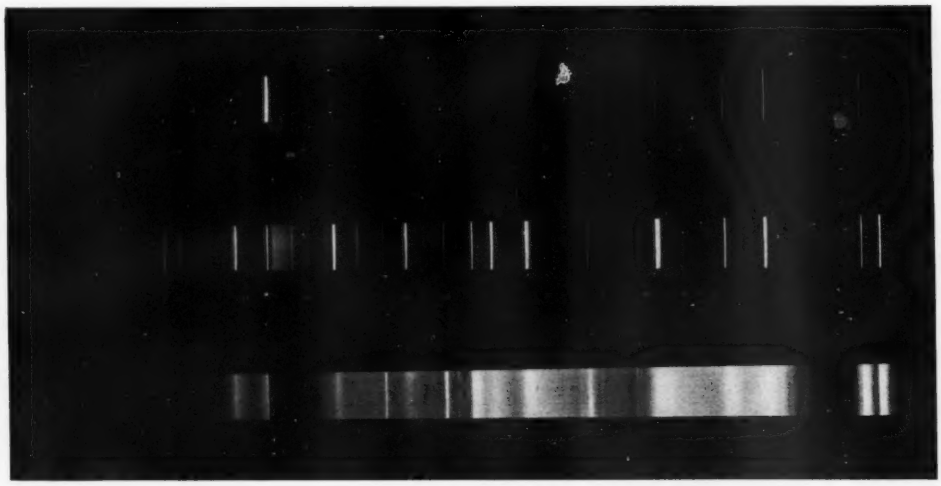


FIGURE 9 – *Spectre de la décharge du mercure à diverses pressions.*

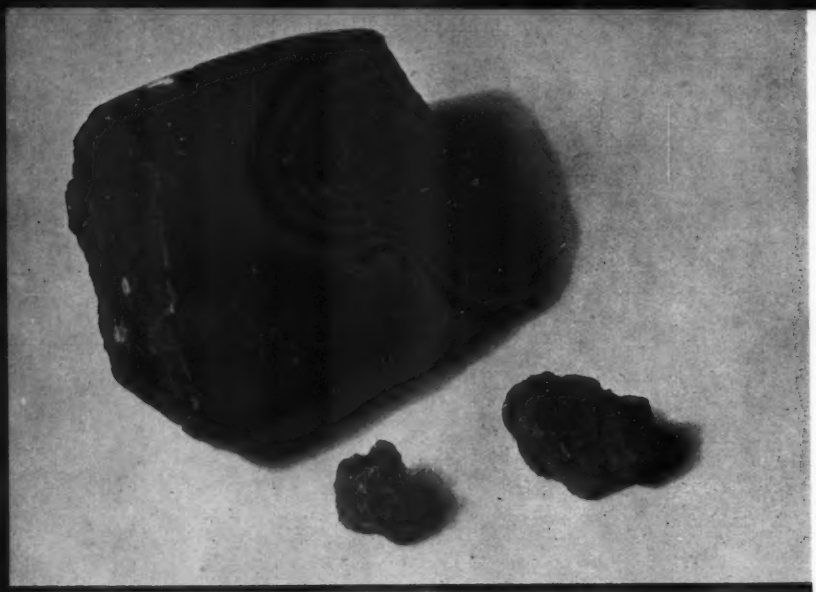


FIGURE 2 – *Résine brute de chanvre; échantillons de charas indien.*

FIGURE 3 – *(en haut) hachish moulé en minces bâtonnets destinés à être insérés dans des cigarettes; (en bas) kif, sommités fleuries hachées provenant d'Afrique du Nord, destiné à être mélangé au tabac dans des cigarettes.*

FIGURE 4 – *Cigarettes de marihuana, montrant un des procédés de contrebande. Les cigarettes sont placées dans les plis de carton d'emballage ondulé.*

Les drogues du chanvre

A. R. TODD

Les Assassins faisaient partie d'une secte sarrasine; ils tirent leur nom de leur habitude de consommer une drogue stupéfiante appelée hachish. Le problème de la nature chimique du principe stupéfiant du hachish s'est avéré difficile à résoudre. Le Professeur Todd décrit les travaux récents permettant d'entrevoir la solution.

L'importance commerciale du chanvre (*Cannabis sativa*, L.), à la fois pour les fibres qu'il fournit et pour l'huile que l'on retire de ses graines, remonte à des millénaires. On sait depuis un temps presque aussi reculé, qu'il fournit un principe stupéfiant, et l'emploi de préparations de chanvre comme médicaments, et surtout comme drogues stupéfiantes, est répandu depuis longtemps dans de nombreuses régions du globe. C'est une plante annuelle qui peut être cultivée presque n'importe où, depuis la zone tempérée jusqu'aux régions tropicales. Elle est dioïque, les fleurs mâles et femelles se trouvent sur des plants séparés, et les fleurs femelles sont couvertes de très petits poils glanduleux qui secrètent une résine verdâtre dont le rôle, d'après certains auteurs, serait de protéger les graines au moment de la maturation. Cette résine, dont le principe actif se trouve en quantités moindres dans d'autres parties de la plante, possède une puissante activité physiologique et constitue la base des différentes drogues tirées du chanvre. On s'accorde généralement pour considérer que les variétés cultivées en Asie (probablement l'habitat originel de la plante) sont les meilleures productrices de résine active. Les drogues tirées du chanvre sont dotées d'une profusion de noms variant selon leur pays d'origine et leur mode de préparation, c'est-à-dire selon qu'elles sont extraites de la résine elle-même ou des feuilles et des sommités, ou à partir de décoctions de la plante. Les appellations les plus courantes sont *charas*, *ganja*, *bhang* (Indes), *hachish* (Égypte, Asie Mineure), *kif* (Afrique du Nord), et *marihuana* (Amérique).

FIGURE 1 – *Chanvre* (Cannabis sativa). *Sommité fleurie de plante femelle.*

Historiquement, les drogues du chanvre sont connues aux Indes depuis au moins deux mille ans, et leur emploi est si solidement établi que la plante est même considérée comme sacrée dans certaines parties du pays. Il est assez curieux de constater que, bien que l'emploi médicinal du chanvre ait été répandu en Chine depuis les temps les plus reculés, on ne trouve guère de traces d'un usage abusif dans les chroniques anciennes. On a employé les drogues tirées du chanvre depuis longtemps dans le Proche Orient, et cela dut également constituer un problème très sérieux en Égypte. Elles n'ont jamais été très répandues en Europe où ce n'est que vers le milieu du dix-huitième siècle que l'on mentionne pour la première fois l'emploi du hachish; à cette époque on fit quelques tentatives pour l'introduire en médecine. L'idée que la relative rareté de ce vice en Europe serait dûe à une incompatibilité de tempérament est démentie par l'extension qu'il a prise aux États-Unis, où, après l'introduction du marihuana provenant du Mexique, l'abus de ce stupéfiant pris rapidement des proportions telles qu'il constitue actuellement un des principaux problèmes de toxicomanie dans ce pays, et qu'on a dû prendre des mesures très strictes pour l'enrayer.

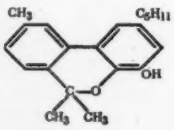
Les préparations de chanvre sont en général absorbées par voie digestive ou fumées, leurs effets étant, comme on peut s'y attendre, plus lents à se manifester lorsque la drogue est ingérée. Il semble évident que la drogue agisse surtout sur le système nerveux central et que les effets périphériques soient peu nombreux. Parmi les effets

les plus couramment décrits dans les compte-rendus, on trouve l'alternance de périodes de bien-être et de dépression, la perte de la notion du temps et d'espace, et le dédoublement de la conscience. Objectivement, on observe une période d'excitation et d'exaltation, fréquemment suivie par une période de sommeil ou de coma. On prétend que l'habitué au hachish ne souffre pas de malaises résiduels, et que la drogue, bien qu'elle conduise à une déficience morale, n'entraîne pas d'accoutumance physique, c'est-à-dire que sa suppression ne provoque pas de symptômes physiques comme chez le morphinomane. Au point de vue thérapeutique, les préparations de chanvre ont été employées sans grande discrimination dans le traitement d'une grande variété de maladies avec des succès inégaux, mais elles sont tombées en discrédit, à cause de l'extrême irrégularité dans l'activité des produits utilisés, alliée à l'absence de tout procédé de dosage sûr, et à la crainte de créer une toxicomanie.

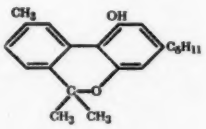
Récemment encore, les connaissances scientifiques précises sur les drogues tirées du chanvre, étaient très insuffisantes. Il faut attribuer cela à la nature plutôt indocile de la résine active qui a longtemps défié les efforts des chimistes pour en extraire des substances pures, et à l'absence de toute épreuve animale digne de foi et capable de reproduire des effets comparables à ceux que l'on rencontre chez l'homme. On utilise deux méthodes pour apprécier l'activité du hachish, l'une est basée sur l'ataxie provoquée chez le chien, et l'autre sur l'anesthésie cornéenne provoquée par injection intra-veineuse chez le lapin (épreuve de Gayer). Les activités relatives des différentes préparations mesurées par ces deux méthodes, ne sont pas toujours strictement parallèles, et la parenté qui existe entre elles nécessite une étude plus approfondie. Un travail récent indique que l'activité mesurée chez le chien par la méthode de l'ataxie est étroitement parallèle à celle que l'on observe chez l'homme.

L'étude chimique des drogues tirées du chanvre a été poursuivie de façon sporadique pendant près d'un siècle, la matière première étant toujours la substance résineuse active extraite, soit des drogues préparées, soit de la plante elle-même. Dès 1857, les frères T. et H. Smith découvrirent que le principe actif du chanvre se trouvait dans la fraction de la résine à point d'ébullition élevé et insoluble dans les alcalis, et qu'il ne contenait pas d'azote — découverte surprenante, car à cette époque la plupart des gens pensaient que le principe actif du chanvre était un alcaloïde comme pour l'opium et le tabac. Plus tard, entre 1895 et 1900, Wood, Spivey et Easterfield, ainsi que Dunstan et Henry, isolèrent de la fraction active de la résine préparée par distillation dans le vide, une huile homogène, visqueuse, donnant un acétate cristallisé. On lui donna le nom de « cannabinol » et on fit quelques recherches préliminaires, mais on réalisa peu de progrès jusqu'au moment où Cahn réussit à pousser très loin l'étude de la structure, et en même temps indiqua que ce n'était probablement pas là le principe actif du hachish. L'absence de tout progrès pendant la période intermédiaire, semble surtout dûe au fait que les différents chercheurs, qui entreprirent de poursuivre le travail antérieur, ne réussirent pas à isoler le cannabinol, ou que, trompés par l'écart relativement faible entre les points d'ébullition des constituants de la résine brute, ils furent amenés à supposer qu'elle était homogène. Entre 1932 et 1934, Cahn détermina le squelette carboné de la molécule de cannabinol et la nature des groupements substitués, et proposa de lui donner la structure (I) dans laquelle seules les positions des groupements hydroxyle et *n*-amyl restaient indéterminées. Malheureusement, les recherches de Cahn furent interrompues à ce stade, et plusieurs années s'écoulèrent avant que l'étude de la résine active ne soit reprise. Depuis 1938, les recherches très poussées de Todd en Grande Bretagne et d'Adams en Amérique, ainsi que celles de leurs collaborateurs, les pharmacologistes Macdonald et Loewe, ont largement éclairci le sujet. Les chercheurs britanniques ont utilisé comme matière première, le chanvre indien sous la forme ganja et le hachish égyptien, alors que les Américains ont travaillé sur le marihuana.

On remarqua bientôt que le cannabinol pouvait être isolé facilement de la résine active obtenue par distillation du ganja indien sous la forme de son ester avec l'acide *p*-nitrobenzoïque qui est cristallisé, et qu'il est dépourvu d'activité, le principe actif restant dans la portion non cristallisée de la résine estérifiée. Le cannabinol



(I)

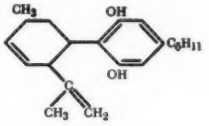


(II)

donnait une réaction positive avec l'indo-phénol, indiquant que la position *para*, par rapport à l'hydroxyle phénolique, n'était pas substituée; on

conclut de ceci, et des résultats de la nitration, que sur les douze structures considérées comme possibles pour le cannabinol d'après les résultats de Cahn, seules (I) et (II) pouvaient représenter cette substance.

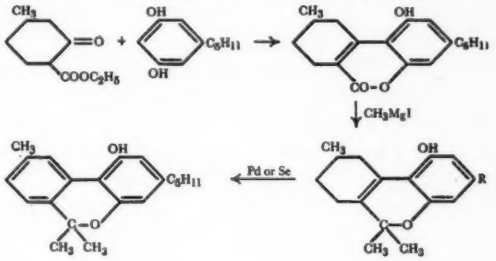
Le choix entre ces deux formules fut rendu possible par l'isolement et l'étude d'un autre constituant de la résine de chanvre. En travaillant sur la résine extraite du marihuana, Adams isola un phénol dihydrogéné auquel il donna le nom de « cannabidiol ». Au même moment, Jacob et Todd, au cours de leur travail sur le hachish égyptien, remarquèrent que le cannabinol brut qu'ils en extrayaient contenait, comme impureté, un autre phénol qui se révéla identique au cannabidiol du marihuana. La drogue indienne semble contenir très peu de cannabidiol, et la drogue américaine peu de cannabinol; à ce point de vue le hachish égyptien occupe une position intermédiaire. Comme le cannabinol, le cannabidiol est dépourvu d'activité; c'est la substance qui donne la réaction du *Cannabis* connue sous le nom de réaction de Beam (coloration pourpre avec les alcalis); bien qu'il n'ait pas encore été préparé par synthèse au laboratoire, les résultats obtenus par l'analyse tendent à lui faire attribuer la structure (III). L'orientation des groupements hy-



(III)

droxyliques dans le cannabidiol, établie par l'obtention d'olivétol (5-*n*-amylrésorcinol) par sa pyrolyse en présence de chlorhydrate de pyridine, ainsi que l'existence simultanée de cannabidiol et de cannabinol dans le chanvre, ont conduit à la conclusion que la structure moléculaire de ce dernier doit être représentée par (II). Ce résultat a été vérifiée par deux synthèses du cannabinol, faites indépendemment et presque simultanément par Adams, Baker et Wearn, et par Ghosh, Todd, et Wilkinson.

Le procédé de synthèse utilisé par le deuxième groupe de chercheurs, et indiqué schématiquement ci-dessus, présente un intérêt tout particulier parce qu'on a découvert que le produit intermédiaire, le tétrahydrocannabinol (IV; R = *n*-C_5H_{11}), présente les effets physiologiques caractéristiques du hachish sur le lapin, le chien, et l'homme. En vue d'établir les particularités de structure nécessaires pour obtenir cette activité,



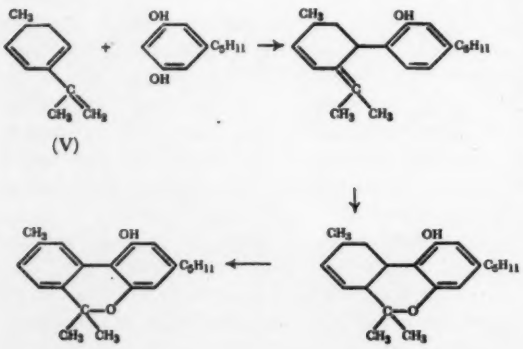
(IV)

on a fait par cette méthode, à la fois en Angleterre et en Amérique, la synthèse d'un grand nombre de produits analogues au tétrahydrocannabinol synthétique, dans lesquels la molécule était modifiée de plusieurs façons. Pour les homologues de (IV) dans lesquels seule la dimension du groupement R varie, l'activité dans la série *n*-alkyl croît à partir du groupement méthyl jusqu'au groupement *n*-hexyl, puis décroît à nouveau. Le tétrahydrocannabinol synthétique (IV; R = *n*-C_5H_{11}), tel qu'on l'obtient d'ordinaire, est, naturellement, optiquement inactif, tandis que l'on sait que les résines naturelles, physiologiquement actives, sont fortement lévogyres. Cependant, en partant de substances adéquates, on a pu faire la synthèse des formes dextrogyre et lévogyre à l'état pur, et on a constaté que ce dernier produit est plusieurs fois plus actif que le premier, bien qu'il soit lui-même considérablement moins actif que la résine naturelle hautement purifiée. Le produit synthétique dont nous venons de parler n'est pas le seul tétrahydrocannabinol qui possède l'activité caractéristique du hachish. Adams a montré que par chauffage en présence de catalyseurs acides, le cannabidiol (III) est transformé en un mélange de tétrahydrocannabinols très actifs, différant les uns des autres et différant du tétrahydrocannabinol synthétique, soit par la position de la liaison éthylénique dans le cycle à gauche, soit par la structure stéréochimique, soit par les deux à la fois.

L'isolement du principe actif homogène à partir de résines de chanvre débarrassées des terpènes, des hydrocarbures, du cannabinol et du cannabidiol, s'est avéré très difficile. On a obtenu à partir des matières premières indiennes et égyptiennes, des produits possédant une activité physiologique très supérieure à celle de n'importe lequel des produits synthétiques dont nous venons de parler. L'analyse de ces divers produits suggère que ce sont des isomères du tétrahydrocannabinol

synthétique, et, conformément à cette hypothèse concernant leur structure, ils possèdent une liaison éthylénique et donnent du cannabinol par déshydrogénation. Il est difficile de prouver de façon indéniable leur homogénéité, car il s'agit de résines dont on n'a pu jusqu'à maintenant obtenir aucun dérivé cristallisé. Cependant, tous les résultats obtenus jusqu'à présent, confirment l'hypothèse que les résines de chanvre contiennent un mélange de tétrahydrocannabinols isomères physiologiquement actifs.

L'examen de la formule du cannabidiol (III) montre que la rupture de la liaison entre les deux noyaux cycliques, donnerait à gauche une substance appartenant au groupe terpénique des corps naturels formant les constituants principaux des huiles essentielles, et à droite l'olivétol, constituant très courant de la classe des substances végétales connues sous le nom de depsides. Ceci conduit à supposer que le cannabidiol, les tétrahydrocannabinols et le cannabinol, pourraient être formés dans la nature par condensation d'un dérivé terpénique avec l'olivétol. Un schéma de cette synthèse biologique hypothétique est indiqué ci-dessous.



On notera que le premier stade est la condensation, donnant un produit du type cannabidiol, et qu'elle est suivie de cyclisation conduisant à un tétrahydrocannabinol actif et enfin, par perte d'hydrogène, au cannabinol. Simonsen et Todd ont apporté des faits intéressants à l'appui de cette hypothèse après avoir étudié la « fraction terpénique » obtenue par distillation du hachish d'Égypte. La fraction ayant le point d'ébullition le plus bas était constituée principalement de *p*-cymène et de méthyl-4-isopropénylbenzène. Il se trouve justement qu'un menthatriène (V), s'il existait comme intermédiaire de synthèse dans la plante, serait instable et serait probablement transformé par isomérisation ou déshydrogénation pour donner précisément les deux composés mêmes que l'on trouve actuellement en quantité dans la résine. Il est bon de noter également que le schéma hypothétique donné plus haut, fournit une explication rationnelle des variations de composition et d'activité des résines de chanvre de différentes provenances.

On a essayé naturellement, de réaliser, au moins en partie, au laboratoire la synthèse biologique schématisée ci-dessus. Nous avons déjà mentionné la transformation du cannabidiol en tétrahydrocannabinols actifs et du tétrahydrocannabinol en cannabinol. En ce qui concerne le stade initial, le menthathriène est assez difficile à attaquer, mais par condensation du dérivé terpénique *d*-pulégone, facile à obtenir, avec l'olivétol, on a synthétisé un produit physiologiquement actif duquel on a pu isoler le tétrahydrocannabinol dextrogyre (IV; $R = n\text{-}C_5H_{11}$). Celui-ci est accompagné dans le produit synthétique dont nous venons de parler, d'au moins une autre substance inerte qui est probablement un dérivé xanthénique; on ne sait pas, pour le moment du moins, si la résine de chanvre elle-même contient des substances analogues à celle-ci.

Voici donc dans ses grandes lignes l'état actuel des recherches scientifiques sur le hachish. Il est évident qu'il reste encore beaucoup à faire dans les domaines chimique et pharmacologique avant de pouvoir résoudre le problème d'une manière complète, mais il semble bien que les bases de cette solution aient été établies. Au point de vue pratique également, la production de substances synthétiques pures présentant l'activité caractéristique du *Cannabis*, permet d'envisager avec confiance la possibilité d'études cliniques et peut-être la découverte d'applications médicales pour ce groupe de si intéressantes substances.

En terminant, l'auteur tient à remercier M. F. Thornton, du *Home Office* (*Drugs Branch*) (Ministère de l'Intérieur, Section des Drogues), pour l'avoir aidé à se procurer les illustrations reproduites dans cet article et pour avoir collaboré à plusieurs des recherches qui y sont mentionnées.

Vitamine D

LADY MELLANBY

Lady Mellanby a présidé à la naissance de la vitamine D en 1918, et elle peut être considérée à juste titre, comme la marraine de ce bébé qui, venu au monde après une parturition laborieuse, a été accueilli très fraîchement. Elle expose ici comment l'enfant est devenu un vigoureux adulte qui joue dans le bien-être de l'humanité un rôle d'une importance considérable.

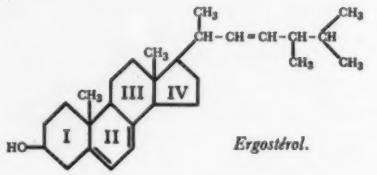
Pendant la première guerre mondiale, des expériences faites en Angleterre sur de jeunes chiens, ont permis de démontrer que le rachitisme était dû à l'insuffisance du régime alimentaire en une vitamine de calcification ou antirachitique « identique à la vitamine liposoluble A, ou dont la répartition dans la nature paraissait être la même que celle de la vitamine A ». Cette découverte marqua le début d'une série de recherches remarquables. D'autre part, l'influence de cette découverte fut considérable, surtout à cause de ses conséquences pratiques. En premier lieu, elle permettait immédiatement de prévenir et de guérir le rachitisme (*voir* figure 1). Deuxièmement, elle orientait les connaissances odontologiques dans une voie nouvelle en montrant que la structure des dents dépend de la présence, au moment de leur développement, de substances spécifiques (et en particulier d'une vitamine de calcification) dans le régime alimentaire. Ceci est illustré par la figure 2.

La signification pratique de cette découverte ne suffit cependant pas à elle seule à justifier le grand intérêt que ce problème a suscité dans les milieux scientifiques. L'idée qu'il existait une vitamine de calcification dans certains aliments tels que l'huile de foie de morue, le jaune d'œuf, le lait, et certaines graisses animales fut tout d'abord accueillie avec beaucoup de scepticisme. Les médicins ne croyaient pas à l'existence d'une vitamine de ce genre, et considéraient que le rachitisme était dû au manque d'hygiène, et tout particulierèment à la vie en atmosphère confinée et au manque d'exercice; ils recommandaient fréquemment des massages et des traitements électriques pour venir à bout de la maladie. Bien qu'aucun de ces facteurs en particulier ne se soit révélé d'une grande importance dans le rachitisme, l'hygiène jouait en effet un certain rôle, ainsi qu'Huldschinsky le prouva en montrant qu'il était possible de guérir des bébés atteints de rachitisme en exposant leur peau aux radiations ultra-violettes d'une lampe à vapeur de mercure. Les quelques années suivantes furent employées à rapprocher ces deux facteurs apparemment éloignés contrôlant la calcification des os et des dents — vitamine liposoluble (facteur diététique) et action des rayons ultra-violets sur la peau (facteur hygiénique).

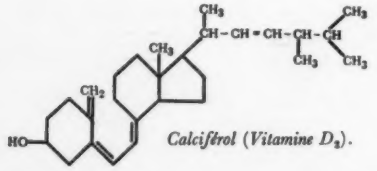
Il n'est pas nécessaire de répéter ici l'histoire bien connue de la découverte selon laquelle les effets salutaires des rayons ultra-violets de la lampe à vapeur de mercure et du soleil sont également dûs à la présence d'une vitamine de calcification, ces radiations agissant simplement en transformant un stérol inactif — la provitamine de la peau — en une vitamine active. À cette époque, ce phénomène était tout-à-fait nouveau en physique et en biologie, et il expliquait le problème jusque là non résolu de la rareté du rachitisme et de la carie dentaire chez les enfants indigènes des zones tropicales, alors que ces deux maladies étaient très fréquentes dans les régions tempérées. Il devint bientôt évident que, bien que le régime alimentaire des populations indigènes des tropiques soit souvent pauvre en vitamine de calcification, peut-être plus encore que dans les régions tempérées, ceux-ci en avaient cependant une quantité suffisante, grâce à l'action du soleil sur la provitamine disponible dans leurs corps peu vêtus. Dans les régions arctiques d'autre part, les Esquimaux avaient des os solides et droits et de belles dents, grâce à la vitamine de calcification présente dans les matières grasses de leurs aliments. On montra par la suite que de nombreux aliments, et parmi ceux-ci les céréales, contenaient aussi une provitamine qui pouvait être activée par les radiations ultra-violettes. La figure 3 montre les heureux effets d'aliments ainsi irradiés sur la bonne formation des dents.

Petit à petit, on réunit de nombreux renseignements sur la transformation, sous l'action des

rayons ultra-violets, de l'ergostérol en vitamine de calcification, maintenant appelée vitamine D. On constata qu'il se forme au cours de ce processus toute une série de substances chimiques: ergostérol → lumistérol → protachystérol → tachystérol → vitamine D (fréquemment désignée sous le nom de calciférol). Le calciférol lui-même pouvait encore être décomposé et donnait ainsi des substances inactives — le toxistérol et les suprastérols I et II. On trouva que c'était un isomère de l'ergostérol et que l'effet des rayons ultra-violets était de provoquer la rupture du noyau phénathrène entre les atomes de carbone C_9 et C_{10} dans le cycle II, les formules des deux substances étant:



Ergostérol.



Calciférol (Vitamine D_2).

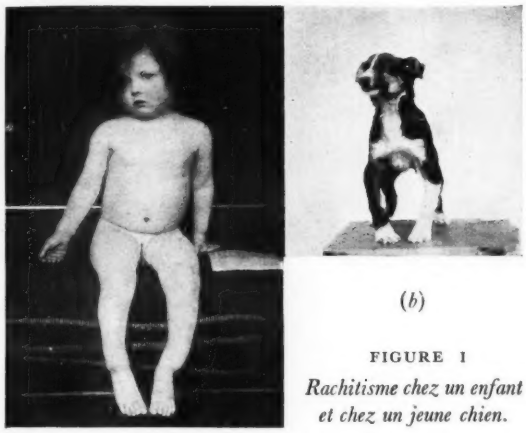
Les chimistes montrèrent ensuite que l'activation de l'ergostérol dont devait résulter la vitamine de calcification n'était pas un fait unique en son genre. Neuf autres stérols au moins se révélèrent capables de se comporter comme des provitamines D, et d'être transformés en substances douées d'une puissante activité calcifiante par exposition à la même région du spectre ultraviolet qui transformait l'ergostérol en calciférol (longueurs d'onde de 260 à 300 mμ), et dans chaque cas, la substance obtenue était un isomère de la substance mère.

Le problème physiologique se trouva heureusement simplifié dans une certaine mesure lorsque l'on admit le fait que seules deux des provitamines présentaient un intérêt biologique, c'étaient l'ergostérol et le 7-déshydrocholestérol. Ceci en dehors de l'énorme intérêt que présente pour le chimiste l'étude de ce problème dans son ensemble. On appelle maintenant vitamine D_2 (calciférol) la vitamine obtenue à partir de l'ergostérol, et vitamine D_3 celle qui provient du 7-déshydrocholestérol. (La vitamine D_1 est le produit de l'addition molécule à molécule de D_2 et du lumistérol). La vitamine D_3 possède la même parenté chimique avec le 7-déshydrocholestérol que la vitamine D_2 avec l'ergostérol. La partie cyclique de la formule structurale de la vitamine D_2 (donnée ci-joint) et celle de la vitamine D_3 sont identiques, mais les chaînes latérales sont pour la première celle de l'ergostérol et pour la seconde celle du cholestérol.

Tant que l'ergostérol était la seule provitamine D connue, on considérait que la vitamine D des organismes végétaux et animaux était l'ergostérol activé. Rien n'indique que chez les animaux supérieurs la vitamine D puisse être formée d'autre façon que par l'action des rayons ultraviolets sur une provitamine présente dans la peau. Tous les renseignements actuels indiquent que, si les animaux ne reçoivent pas de vitamine D avec leurs aliments, et s'ils sont protégés des rayons ultra-violets, ils présenteront des troubles spécifiques dûs à la carence en vitamine D. On supposait que les poissons, qui, dans les conditions normales ne subissent pas l'influence des rayons ultra-violets, trouvaient leur vitamine dans le plankton et les algues qui, flottant à la surface de la mer, avaient été exposés aux rayons solaires; on supposait également que les vaches se procuraient la vitamine D, soit en mangeant de l'herbe qui avait été exposée au soleil, soit directement par l'action du soleil sur la provitamine de leur peau. Ces hypothèses furent ébranlées lorsqu'on découvrit que la principale vitamine D des vertébrés n'était pas l'ergostérol activé (vitamine D_2), mais le 7-déshydrocholestérol activé (vitamine D_3).

Pour autant qu'on puisse le savoir actuellement, les vitamines D_2 et D_3 agissent de façon analogue chez l'homme; mais chez les oiseaux, la vitamine D_2 a très peu d'influence sur la formation des os; c'est pourquoi les éleveurs de volaille donnent à leurs poulets des huiles de foie de poisson, de préférence à l'ergostérol irradié. Notons en passant, que les éleveurs de chiens et de volaille ont été relativement prompts à faire usage de cette thérapeutique nouvelle.

La vitamine D semble produire sur l'organisme deux sortes d'effets généraux, bien que tous deux soient peut-être produits par un même mécanisme. Premièrement, elle facilite l'absorption du calcium et du phosphore dans le tube digestif et accroît ainsi les proportions de ces éléments disponibles pour les tissus. Donc, si le régime alimentaire est dépourvu de vitamine D, les réserves de l'organisme en cette vitamine s'épuisent, et, parallèlement, les quantités de calcium et de phosphore



(b)

FIGURE 1

Rachitisme chez un enfant et chez un jeune chien.

(a)

(a) *Enfant rachitique, ainsi que l'indiquent les jambes arquées et les poignets et les chevilles enflés et déformés. Avant et pendant la dernière guerre on rencontrait des cas de rachitisme infiniment plus sévères dans les régions industrielles.*

(b) *Jeune chien atteint de rachitisme expérimental, correspondant à peu près au même degré de rachitisme que l'enfant de (a). Le régime alimentaire du jeune chien était carencé en vitamine D. Le même régime additionné de vitamine D donne un animal normal aux membres droits.*

L'addition quotidienne de $\frac{1}{20}$ mg. de vitamine D (i.e. le double de la dose préventive [voir p. 79]) à la nourriture de l'enfant ou du chien amènerait à la longue le redressement des jambes.

absorbées deviennent de plus en plus faibles tandis que des quantités de plus en plus grandes sont excrétées dans les matières fécales. Au début, on peut remédier à l'absence de vitamine D dans les aliments en augmentant les quantités de calcium et de phosphore ingérées; mais lorsque toutes les réserves en vitamine D sont épuisées, cette compensation devient insuffisante et les éléments fournis en surplus sont rejetés. La vitamine D semble aussi contrôler l'incorporation aux os et aux dents en croissance du calcium et du phosphore transportés par le sang. Les données actuelles suggèrent que, en l'absence de vitamine D, peu ou pas du tout du calcium et du phosphore nécessaires, même injectés directement dans la circulation sanguine, seraient distribués aux tissus auxquels ils sont destinés. En d'autres termes, la vitamine D apparaît comme le facteur réglant la distribution aux tissus du calcium et du phosphore.

Les composés calciques et phosphorés des aliments ne sont pas tous également utilisables par l'organisme. Il existe même un important constituant des aliments, l'acide phytique (acide inositol-hexaphosphorique), qui, en fait, nuit à la calcification en précipitant le calcium au

FIGURE 2 (*à droite*) – *Photographies agrandies de l'émail recouvrant des molaires humaines et canines.*

(a) et (e) *Bonne conformation; lisse et brillante.*

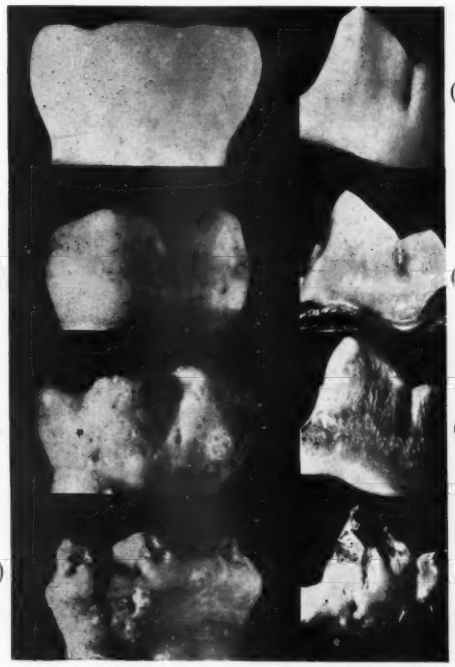
(b) et (f) *Conformation légèrement défectueuse; une certaine rugosité.*

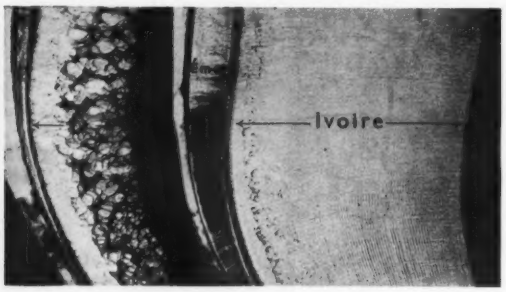
(c) et (g) *Conformation très défectueuse; rugueuse.*

(d) et (h) *Conformation extrêmement défectueuse; assez grandes étendues d'émail imparfait.*

Les chiens auxquels appartenaient les dents (e) à (h) recevaient des quantités différentes de vitamines liposolubles, particulièrement de vitamine D; les doses étaient progressivement décroissantes de telle sorte que (e) en recevait une forte quantité tandis que (h) en avait très peu. Par analogie et en se basant sur les quelques recherches faites sur des enfants dont l'alimentation était contrôlée, il semble que l'on puisse raisonnablement supposer que les différents types d'émail de ces dents humaines [(a) à (d)] sont également dûs en grande partie aux variations de quantités des vitamines liposolubles, et particulièrement de vitamine D, disponibles au moment de leur développement.

Molaires de quatre enfants *Molaires de quatre chiens*



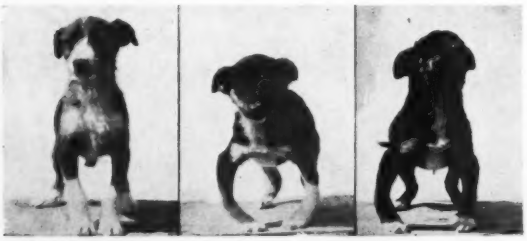


(a) (b)

FIGURE 3 – *Action de la lumière ultra-violette sur la provitamine des céréales.*

Microphotographies de coupes des régions comparables de molaires appartenant à deux chiens de la même portée. Tous deux avaient le même régime carencé en vitamine D, mais les céréales de (a) n'avaient pas été traitées alors que celles de (b) avaient été soumises à l'irradiation ultra-violette.

Remarquer dans (a) l'émail et l'ivoire minces et mal calcifiés par comparaison avec les mêmes tissus de (b). Les parties sombres, irrégulières de l'émail, représentent le tissu mal calcifié.



(a) (b) (c)

FIGURE 4 – *Action de l'acide phytique du gruau d'avoine en l'absence de vitamine D.*

Photographies de trois jeunes chiens de la même portée vivant dans les mêmes conditions. Leurs régimes étaient analogues, sauf pour les constituants mentionnés ci-dessous, et tous contenaient de la vitamine A, mais étaient carencés en vitamine D.

(a) *recevait de la farine blanche contenant très peu d'acide phytique.*
(b) *recevait du gruau d'avoine contenant beaucoup d'acide phytique.*
(c) *recevait de la farine blanche additionnée d'acide phytique extrait de gruau d'avoine, en quantité équivalente à l'acide phytique du régime de (b).*

Note: *(a) a très peu de rachitisme, tandis que (b) et (c) présentent à peu près le même degré de rachitisme avancé. L'addition de vitamine D à n'importe lequel de ces régimes aurait donné un chien normal aux membres droits.*

(a)
(b)
(c)

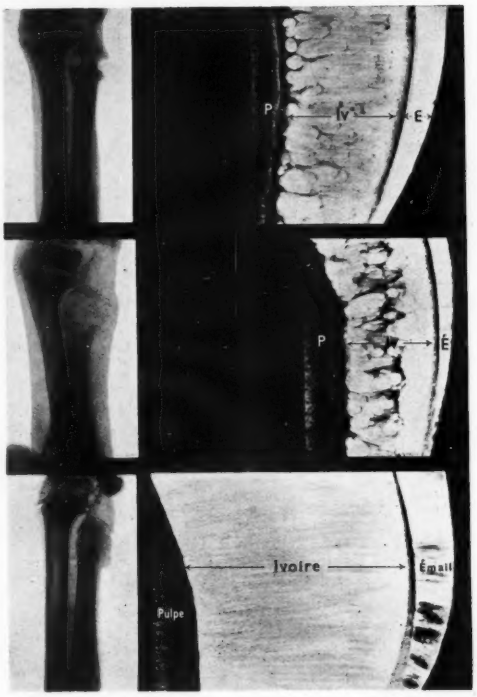


FIGURE 5 – *Antagonisme entre l'acide phytique et la vitamine D.*

Radiographies de l'articulation du poignet et microphotographies de coupes des parties comparables des dents de trois chiens de la même portée, vivant dans des conditions identiques. Tous avaient un régime carencé en vitamine D mais contenant de la vitamine A.

(a) *Aucune addition.*
(b) *Addition quotidienne de 200 mg. d'acide phytique.*
(c) *Addition quotidienne de 200 mg. d'acide phytique et de 2.000 unités internationales de vitamine D.*

Les radiographies montrent un degré moyen de rachitisme dans (a), un degré élevé dans (b), et aucune trace de rachitisme dans (c).

Les microphotographies des dents montrent que chez le chien (b) l'addition d'acide phytique au régime donne un émail plus mince, et un ivoire plus mince et moins bien calcifié que pour (a). (Ceci est indiqué par un plus grand nombre de parties sombres, mal calcifiées.) L'addition de vitamine D au régime de (c) a fait plus que contrebalancer l'action nuisible de l'acide phytique. L'ivoire de la dent est épais et sa structure est bonne, sans aucune des parties sombres, pauvrement calcifiées, si visibles dans (b) et qui se retrouvent dans une certaine mesure dans (a).

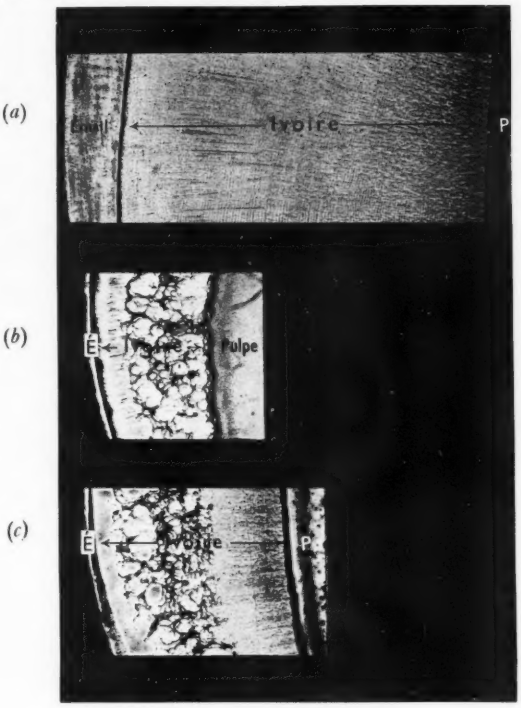
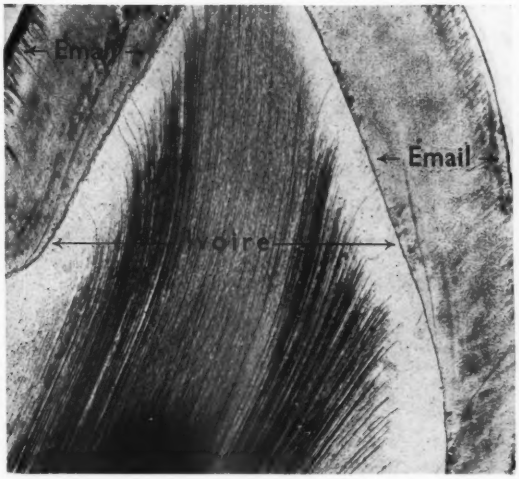


FIGURE 6 – *Effets des vitamines liposolubles A et D sur les dents. Microphotographies des parties comparables des dents de trois chiens de la même portée, élevés dans des conditions identiques. Tous avaient dans leur régime alimentaire du gruau d'avoine, de la poudre de lait écrémé, de la viande maigre, du jus d'orange, de la levure et du sel.*

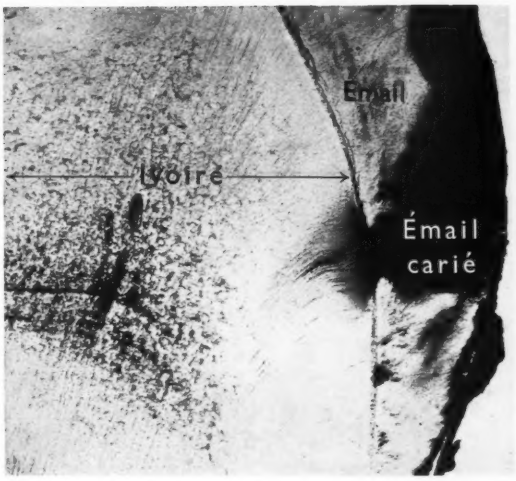
(*a*) *Addition de vitamines liposolubles, sous forme d'huile de foie de morue, pour la durée de l'expérience, cinq mois. L'émail et l'ivoire sont tous deux épais et bien formés.*

(*b*) *Huile d'olive au lieu d'huile de foie de morue pendant la même durée d'expérience. L'émail et l'ivoire sont tous deux minces et l'ivoire est mal formé avec de nombreuses régions mal calcifiées (visibles en noir sur la figure).*

Le régime de (c) ne comportait pas de vitamine liposoluble pendant cinq mois, puis l'animal reçut de l'huile de foie de morue pendant un mois. L'ivoire formé au cours de la première période est d'une épaisseur et d'une structure très comparables à celui de (b), tandis que celui qui s'est déposé au cours du dernier mois est presque aussi épais que celui qui s'est formé au cours des cinq premiers mois et il est aussi bien formé que celui de (a).



(*a*)



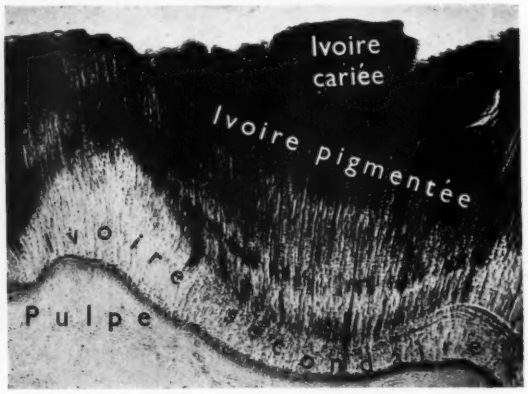
(*b*)

FIGURE 7 – *Microphotographies de coupes des régions comparables des molaires de deux enfants, montrant des types différents de structure histologique.*

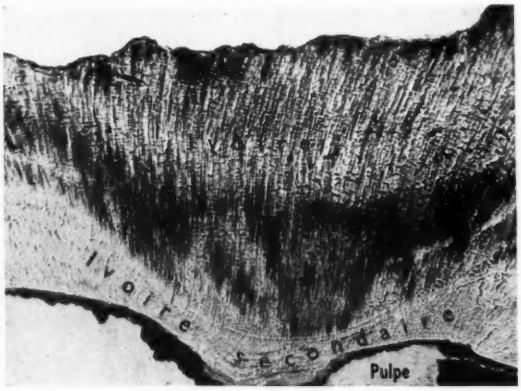
(*a*) *Bonne structure; pas de région mal calcifiée dans l'ivoire.*

(*b*) *Structure défectueuse; beaucoup de régions mal calcifiées dans l'ivoire (taches noires sur la figure).*

(*a*)



(*b*)



(*c*)

FIGURE 8 – *La « cicatrisation » des caries dentaires.*

(*a*) *et* (*b*) *Microphotographies de coupes de dents d'un enfant, extraites* (*a*) *avant l'administration quotidienne de vitamine* D_2 *et* (*b*) *après neuf mois de traitement par la vitamine* D_2. *L'enfant était âgé de 3 ans ½ lorsque le traitement fut commencé.*

(*a*) *Il y avait des caries en activité dans la plupart des dents et, dans la coupe représentée ici, l'absence complète d'ivoire secondaire suggère une défectuosité du mécanisme de défense.*

(*b*) *La cicatrisation ou processus d'arrêt était en cours et la coupe de la dent extraite montre barrière d'ivoire secondaire bien calcifié.*

(*c*) *Coupe de dent appartenant à un autre enfant et extraite après trois ans de traitement à l'huile de foie de morue. Les tissus précédemment mous et cariés s'étaient durcis et la coupe montre le processus de défense sous la forme d'ivoire secondaire bien calcifié.*

niveau de l'intestin, le rendant ainsi inutilisable. Les photographies de trois jeunes chiens, figure 4, illustrent ce phénomène. Dans certaines conditions, et particulièrement lorsqu'il y a carence en vitamine D, l'acide phytique alimentaire peut même soustraire le calcium des os des adultes, provoquant ainsi une ostéomalacie, maladie — caractérisée par le ramollissement des os — rare en Angleterre, mais courante en Orient. La vitamine D peut effectivement empêcher l'action nuisible de l'acide phytique et même faciliter l'absorption d'une grande partie de son phosphore, le rendant ainsi plutôt utile que nuisible. Ceci est illustré dans la figure 5. L'acide phytique se trouve en abondance dans les céréales, particulièrement dans le gruau d'avoine et le maïs. Si en Grande Bretagne les os et les dents sont aussi mal formés, la raison principale en est la grande place tenue par les céréales dans le régime alimentaire qui, d'autre part, est souvent pauvre en vitamine D et en calcium. C'est pourquoi il est nécessaire d'augmenter les quantités de vitamine D et de calcium ingérées, ce dernier de préférence sous forme de lait; ceci est particulièrement important pour les femmes enceintes, les nourrissons et les enfants[1].

Lorsqu'il s'agit d'expliquer de quelle façon la vitamine D produit ces effets, nous en sommes réduits aux conjectures. Les quantités nécessaires sont extraordinairement faibles. Par exemple, il

[1]Il est indispensable que l'emmagasinage des préparations de vitamine D, et particulièrement de l'huile de foie de morue, soit fait très soigneusement. On ne se rend pas assez compte du fait que, dans certaines conditions, notamment par exposition à l'air et à la lumière, elles ont tendance à perdre leur activité.

est probable que l'absorption quotidienne, de la naissance à l'adolescence, de 500 à 1.000 unités internationales de vitamine D suffirait à donner des os et des dents parfaitement constitués, à condition que le reste de l'alimentation soit satisfaisant. Or, 1 mg. de calciférol (vitamine D_2) contient 40.000 unités internationales, la quantité quotidienne nécessaire serait donc de $\frac{1}{80}$ à $\frac{1}{40}$ de mg., soit environ 8 mg. par an pendant les 15 premières années, et sans doute $\frac{1}{2}$ gramme pour la durée normale de vie (soixante-dix ans). L'essai sur un chien, de 7.000 unités internationales de vitamine D_2 ($\frac{1}{8}$ mg.) administrés en 7 jours, transforma un bilan calcique journalier négatif en un bilan calcique nettement positif. Il est évident qu'il s'agit là d'une activité de l'ordre d'une puissante action diastasique. Si, comme cela paraît probable, le métabolisme du calcium et du phosphore comporte la formation d'un hexose-phosphate de calcium, on peut supposer que la vitamine D exerce une sorte de contrôle sur l'activité de la phosphatase au point de vue de la calcification.

Il est plus facile de comprendre les fonctions de la vitamine D dans l'organisme si l'on étudie les conditions créées par son absence ou son insuffisance, particulièrement au cours de l'enfance. Dans le cas de carence en vitamine D, les muscles sont flasques, les os en croissance sont relativement mous et arqués (figure 1), et les dents qui se développent à ce moment-là sont mal calcifiés et se carient facilement (figure 2 (*b*), (*c*), et (*d*)). (L'examen en 1929 de 1.300 écoliers âgés de 6 ans, montra que pas un d'entre eux n'avait une denture parfaitement constituée, et que 4,7 pour cent seulement ne présentaient pas de carie). Cette carence dans le jeune âge est visible dans les jambes arquées et le développement défectueux de beaucoup d'adultes et la bouche édentée de milliers de personnes âgées. Une conséquence plus grave, mais moins apparente, est la malformation des os du bassin (bassin rétréci) qui, par la suite, est si souvent la cause d'accouchements anormaux. Dans certaines grandes villes où le rachitisme a été très répandu, l'opération césarienne est courante, et des accidents maternels et fœtaux dûs au rétrécissement du bassin sont encore anormalement fréquents. La carence en vitamine D chez l'adulte peut avoir également de graves conséquences, particulièrement au cours de la grossesse; ces conséquences sont plus marquées pendant les périodes de grandes restrictions alimentaires.

Il est nécessaire d'insister sur une importante différence entre le processus de calcification des os et celui des dents. Au cours de la période de croissance il se produit une résorption et un renouvellement continuels du tissu osseux, tandis qu'une dent ne peut plus subir de changement radical une fois qu'elle est complètement formée. Si un nourrisson ou un enfant présente des déformations osseuses dûes à une carence en vitamine D, il n'est plus nécessaire aujourd'hui de pratiquer la vieille opération de l'ostéotomie, qui consiste à casser les os et à les remettre en place. En effet, à condition que l'enfant soit encore en croissance, l'addition de vitamine D à un bon régime alimentaire normal, peut remédier à ces déformations; mais il faut quelquefois plusieurs années pour obtenir la rectification des os. D'autre part, si la structure des dents est défectueuse à un moment quelconque du développement, la partie formée à ce moment là demeurera défectueuse. On a montré chez le chien que l'addition de vitamine D ou d'huile de foie de morue au régime alimentaire permettra une bonne calcification des tissus formés par la suite. Ceci est illustré par la figure 6.

L'examen fait, de 1921 à 1934, d'un grand nombre de dents humaines, dents de lait et dents permanentes, a montré, quelle qu'ait été la méthode d'examen — *in situ*, macroscopiquement après extraction ou chute normale, ou histologiquement — que seulement 10 pour cent des dents de lait et 7 pour cent des dents pérmanentes présentaient une structure réellement bonne selon les étalons admis. Toutes les autres présentaient quelque défaut, ainsi que le montrent les figures 2 et 7.

Alors qu'il serait faux de dire que si les dents étaient parfaitement formées les caries n'existeraient plus, on peut cependant affirmer qu'il y a sans aucun doute une relation entre la structure des dents et leur disposition à la carie; des dents mal formées auront beaucoup plus de chances de se carier que des dents bien formées. Par exemple, dans la série des dents d'enfants dont on a parlé plus haut, on a trouvé que 78 pour cent des dents bien calcifiées n'avaient aucune carie, tandis que 6 pour cent seulement des dents de structure très défectueuse en étaient exemptes. Inversement, 7,5 pour cent des dents bien formées présentaient des caries importantes alors que celles-ci se rencontraient dans 74 pour cent des dents très mal formées.

Lorsqu'une dent est attaquée par la carie, elle essaie de se défendre elle-même contre l'invasion des micro-organismes si les conditions sont

favorables. Là encore la vitamine D entre en jeu, et si elle est administrée en quantité suffisante, en même temps qu'une ample provision de calcium et de phosphore sous forme de lait, la dent atteinte peut arriver à former comme défense une barrière de nouvel émail (émail secondaire); le progrès de la maladie peut être ainsi enrayé et la dent peut être « cicatrisée ». Un exemple de carie « cicatrisée » est donné dans la figure 8 (*c*).

Bien qu'il ait été montré plus haut que la vitamine D n'est pas le seul facteur de la formation des os et des dents, c'est probablement le facteur principal, et sûrement celui qui a le plus de chances d'être absent du régime alimentaire des habitants des régions tempérées.

Des travaux récents sur le chien, ont montré que la vitamine A joue également un rôle dans le développement des os et des dents, mais ses fonctions sont très différentes de celles de la vitamine D. En effet, le rôle de la vitamine D vis-à-vis des os est de les rendre solides, tandis que la Vitamine A contrôle l'activité des ostéoblastes; en son absence, ces cellules deviennent trop actives et il en résulte des os hypertrophiés. Les effets d'une carence en vitamine A sont moins évidents dans le cas des dents, mais par suite d'un développement exagéré du cément, les racines ont tendance à devenir rabougries. Il est tout-à-fait certain que des facteurs alimentaires autres que les vitamines D et A, le calcium, le phosphore et l'acide phytique, interviennent dans la formation des os et des dents, mais il semble bien que le problème ait été largement entamé et avec succès.

Revue des livres

PHILOSOPHIE DU SAVANT

Physics and Philosophy (Physique et philosophie), *par Sir James Jeans. Pp. vii* + 222. *Cambridge University Press, Londres.* 1942. 8*s.* 6*d. net.*

On doit à des hommes comme A. N. Whitehead, Bertrand Russell, J. H. Jeans, A. S. Eddington, et H. Jeffreys, qui tous firent à Cambridge leurs études des mathématiques et débutèrent dans la vie universitaire comme mathématiciens ou théoriciens de la physique, certaines des contributions les plus importantes et les plus précieuses parmi celles qui enrichirent la philosophie du XXème siècle. Somme toute, cela n'est pas si surprenant: comment pourrait-on philosopher sur l'espace, le temps et la matière sans avoir compris la relativité et la mécanique des quanta.

Sir James considère les doctrines rivales du matérialisme et de l'idéalisme subjectif, et il montre que si la théorie de Berkeley a échoué en ce qui concerne le but que son auteur lui avait assigné, elle peut néanmoins servir à prouver que l'esprit et la matière ont quelque chose en commun. Il compare ensuite la dualité de l'esprit et de la matière avec la dualité des ondes et des corpuscles en mécanique des quanta; aussi qu'il le montre, les éléments intrinsèques de la représentation par corpuscules sont effectivement des corpuscules existant dans l'espace physique, tandis que dans la théorie ondulatoire, les éléments sont en somme enfantés par notre science: ce sont des constructions de l'esprit existant dans un espace conceptuel. Puisque nous trouvons qu'il est plus facile de comprendre la succession des phénomènes en s'exprimant en ondes théoriques, nous sommes amenés à penser que la réalité et la connaissance sont de natures similaires ou, en d'autres mots, que la réalité est complètement créée par l'esprit. En tout cas, les deux entités du dualisme nouveau ne sont ni antagonistes, ni exclusives l'une de l'autre, comme l'étaient l'esprit et la matière.

Les commentaires sur les conséquences du principe d'incertitude de Heisenberg sont aussi d'un intérêt passionnant. E.T.W.

SPECTROSCOPIE ET COMBUSTION

Spectroscopy and Combustion Theory (Spectroscopie et théorie de la combustion), *par A. G. Gaydon. Pp. x* + 191. *Chapman & Hall Limited, Londres.* 1942. 17*s.* 6*d. net.*

Au cours de l'analyse des bandes spectrales sur la base de la théorie des quanta, on a assigné plusieurs systèmes de bandes produits par les flammes à des radicaux émetteurs comme CH, NH, OH, C_2 et CN dont l'existence n'avait pas été établie d'une manière tout à fait satisfaisante. On a pu ainsi déterminer complètement les états électroniques ainsi que les modes de vibration et de rotation de ces émitteurs dans les flammes. Des études ultérieures ont permit de comprendre la raison de l'existence de ces produits intermédiaires et le rôle qu'ils jouent dans le processus de combustion.

Le livre du Dr Gaydon est entièrement consacré à ces recherches spectroscopiques. Il commence par un aperçu élémentaire de la théorie des spectres moléculaires et des conditions dans lesquelles l'émission comportera des spectres de bandes, et il parvient, après avoir brièvement décrit plusieurs types de spectres de flammes, aux applications de la spectroscopie aux mesures des périodes d'existence des molécules activées et des énergies de dissociation, à la combustion latente de l'oxyde de carbone et à la cinétique de la combustion.

Un excellent index complète parfaitement cette monographie et on ne saurait trop recommander cet ouvrage à tous ceux qui sont intéressés par les problèmes de combustion comme à ceux qui en font l'objet de leur recherche. W.J.

UN MANUEL ABRÉGÉ DES « GAZ » DE COMBAT

War Gases: their Identification and Decontamination (Les gaz de combat: identification et décontamination), *par*

Morris B. Jacobs. Pp. 180. *Interscience Publishers Inc., New-York; Imperia Book Company Limited, Londres.* 1942. $3 *net.*

Ce livre constitue un excellent précis pour les officiers Z, les chimistes des gaz de combat, les hygiénistes publics, et tous ceux qui s'intéressent à la guerre chimique. Il est moins détaillé et moins complet que certains des livres qui ont déjà traité ce sujet, mais il présente d'une manière systématique les renseignements essentiels concernant l'identification des différents types de gaz toxiques, et les procédés de décontamination des substances qui pourraient avoir été souillés par eux. Son contenu est exactement indiqué par les titres de chapitres: Classification des agents chimiques; Caractères physiques et action physiologique des gaz de combat; Effets des gaz de combat sur les matériaux, l'eau et les aliments: prélèvement d'échantillons; Schéma d'analyse; Détection et détermination de l'arsenic; Épreuves de confirmation; Décontamination.

Les publications des A.R.P. britanniques et d'autres documents officiels ont fourni les données principales et la plupart des méthodes citées dans ce livre, facile à lire et à comprendre, et qui, s'il renferme peu de choses entièrement nouvelles, ne contient rien que d'exact. D'excellents tableaux résument les principaux renseignements, mais il est regrettable que le phosgène en soit complètement absent.

JAMES KENDALL

UNE SYNTHÈSE DE LA MORPHOLOGIE ET DE LA BIOCHIMIE

Biochemistry and Morphogenesis (Biochimie et morphogénèse), *par Joseph Needham. Pp. xvi* + 787. *Cambridge University Press, Londres.* 1942. 52*s.* 6*d. net.*

Il semble que, après avoir vécu la période de spécialisation qui était en quelque sorte sous l'orchestration intellectuelle des touts récents progrès de la politique du *laissez faire*, nous soyons sur le point de revenir au vaste courant de synthèse, caractéristique normale du but auquel a toujours tendu l'homme civilisé. Le travail monumental du Dr Needham est l'un des témoignages de ce retour. Le Dr Needham prend les données de deux disciplines biologiques qui, tout récemment encore, étaient poursuivies indépendamment, et il réussit d'une façon remarquable à les fondre en une synthèse dans laquelle chacune gagne en clarté. Toutes deux sont en plein essor: la biochimie débrouille l'écheveau des processus chimiques qui sont à la base des activités vitales; l'embryologie expérimentale est en train de formuler les principes empiriques du développement des plantes et des animaux. Toutes deux se trouvent à des niveaux différents. Needham a réussi à construire des escaliers par lesquels ces deux plans se rejoignent.

La façon lumineuse dont est expliqué le problème du cancer, est peut-être l'un des points les plus brillants. En premier lieu, les substances carcinogénétiques sont étroitement liées à la substance qui sert d'évocateur pour l'organisateur des vertébrés (aussi bien que pour les hormones sexuelles). Deuxièmement, l'évocateur se trouve sous forme dissimulée dans toutes les parties de l'embryon, probablement en combinaison avec une protéine spécifique, et son activité est dûe au fait que cette combinaison est rompue, par l'intermédiaire de quelque particularité du métabolisme. La théorie qu'une substance carcinogénétique existant sous une forme dissimulée peut être libérée de façon similaire dans certaines conditions anormales de métabolisme, donne une explication formelle du cancer; cette explication remplace la théorie des « vestiges embryonnaires » et donne également une alternative de la théorie du virus.

La clarification progressive de la théorie du champ du développement, et la notion empirique entièrement dérivée des données de l'*Entwicklungsmechanik*, éclairent à leur tour l'étude chimique de la croissance; tandis que, d'autre part, notre connaissance des cristaux liquides nous aide à comprendre et à définir les propriétés des champs du développement.

On pourrait continuer indéfiniment. Nous ajouterons seulement que tout étudiant sérieux de biologie, qu'il soit chimiste, embryologiste, physiologiste, généticien, cancérologue, spécialiste de la croissance ou de l'évolution générale, trouvera dans les pages de Needham de précieux éclaircissements à nombre d'anciens problèmes. Ce livre épuise complètement le sujet, il est abondamment documenté et comporte des excursions fascinantes dans des voies collatérales. Le seul regret que puisse avoir l'auteur de ce compte rendu est que Needham ait volontairement exclu de son étude le champ de la régénération chez les invertébrés.

Biochemistry and Morphogenesis fait plus que succéder au précédent grand ouvrage de Needham, *Chemical Embryology* (Embryologie chimique); car, le premier était une revue générale, tandis que le second est une synthèse créatrice. C'est l'une des contributions les plus importantes que la biologie ait reçue au cours de ce siècle, et elle assurera à son auteur un nom dans l'histoire de la science.

JULIAN HUXLEY

LES SPECTRES D'ABSORPTION EN BIOCHIMIE

The Application of Absorption Spectra to the Study of Vitamins, Hormones, and Coenzymes (Application des spectres d'absorption à l'étude des vitamines, hormones, et coenzymes), *par R. A. Morton. Pp.* 226. *Adam Hilger Limited, Londres. Seconde édition,* 1942. 28*s. net.*

Parmi les composés présentant un intérêt biologique on en trouve beaucoup plus d'incolores que de colorés, mais une forte proportion de ceux qui sont complètement transparents aux radiations visibles, présentent des spectres d'absorption caractéristiques dans la région de l'ultra-violet. La mesure de la longueur d'onde et de l'intensité de cette « couleur invisible » est aujourd'hui une opération très banale, même dans beaucoup de laboratoires industriels d'analyses; on s'en sert comme méthode analytique de haute précision. Elle a joué un rôle au moins aussi grand que la spectroscopie de la lumière visible dans l'établissement de la constitution et du rôle métabolique de beaucoup des substances étudiées par Dr Morton dans sa remarquable monographie.

Cette édition est près de quatre fois aussi volumineuse que la première. Il est symptomatique de constater que si, dans la première édition, deux pages avaient suffi pour traiter la vitamine E, cette fois-ci deux chapitres entiers sont devenues nécessaires, l'un sur «La vitamine E et les anti-oxydants», l'autre sur «La vitamine K». Le Dr Morton fait également état d'autres progrès réalisés depuis; ce sont nos connaissances concernant les relations entre certaines vitamines hydrosolubles et certains systèmes diastasiques, et l'établissement de rapports structuraux entre les hormones stéridiques, les vitamines anti-rachitiques, et les substances actives du cortex surrénal.

Pour mettre en évidence le rôle joué par la technique spectroscopique dans

la réalisation des progrès qu'il rapporte, le Dr Morton discute en grand détail la chimie de toutes les vitamines liposolubles, de plusieurs des vitamines hydrosolubles, ainsi que de quelques-unes de celles qui sont à la limite de ces deux groupes. Il consacre également un chapitre aux dérivés de la purine et de la pyrimidine, et quelques pages à la spectroscopie de quelques acides aminés. Ce livre mérite d'être largement répandu parmi tous ceux qui s'intéressent aux aspects chimiques des processus cellulaires fondamentaux des organismes animaux et végétaux.

A. L. BACHARACH

UNE ÉTUDE QUANTITATIVE DU POUVOIR REPRODUCTEUR CHEZ LES VÉGÉTAUX

The Reproductive Capacity of Plants (Le pouvoir de reproduction chez les végétaux), *par E. J. Salisbury. Pp xi* + 224, *avec* 7 *planches et* 35 *figures dans le texte. G. Bell & Sons Limited, Londres.* 1942. 30*s. net.*

Le but principal de cet ouvrage est de fournir des données permettant de tirer des conclusions sur les effets du pouvoir de reproduction sur la survivance et la dispersion; ce thème est envisagé sous des angles divers. On trouve dans ce livre des renseignements sur certains groupes spéciaux au point de vue systématique et écologique, tels que les gentianes et les herbes de St-Jean, ainsi que les saprophytes et les parasites. La relation de la taille des graines au type de population, ouverte ou fermée, y est discutée. L'auteur discute l'opinion selon laquelle une rareté relative est associée à un faible pouvoir reproducteur, tout au moins lorsque l'on compare les différentes espèces d'un même genre. Un dernier chapitre sur la propagation végétative présente un intérêt tout particulier et contient plusieurs figures remarquables. Le Professeur Salisbury possède le don de savoir choisir les faits significatifs et frappants parmi la masse de ses observations dans les champs et les jardins. Les données auraient pu être présentées sous une forme plus condensée sans rien enlever à la valeur de cet important travail.

M. SKENE

L'ÉTUDE DES SOCIÉTÉS

Social Structure (L'édifice social), *par H. A. Mess. Pp.* 130. *George Allen & Unwin Limited, Londres.* 1941. 6*s. net.*

Tous les livres de vulgarisation des phénomènes sociaux sont aujourd'hui les bienvenus. Il est évident qu'il est bien nécessaire pour nous de mieux comprendre le processus par lequel notre société s'est trouvée si violemment bouleversée. S'il a paru une quantité de livres à propos des phénomènes sociaux, aucun—jusqu'à présent —n'a fourni d'analyse complète et serrée des connaissances les plus récentes, ou des méthodes les plus sûres pour l'étude scientifique de ces questions. Le Dr Mess ajoute à cette liste un petit ouvrage des plus utiles.

Social Structure est fort bien écrit, le plan en est très intéressant, c'est un livre entraînant. Toutefois il partage avec la plupart des traités élémentaires de sociologie une faiblesse regrettable: il y manque des exemples précis tirés d'études objectives. Le Dr Mess se contente de généralisations qui sont souvent subjectives et qui ne s'appuient pas sur des faits indiscutables. Il se trouve aussi aux prises avec de graves difficultés de vocabulaire; tant que nous ne disposerons pas d'analyses plus précises de ce qui se passe vraiment dans le champ des relations humaines, nous serons obligés de nous confiner aux catégories et aux classifications imposées arbitrairement.

T.H.

NOTICES ABRÉGÉES

Hydrogen Ions (Les ions hydrogènes), *par Hubert T. S. Britton.* 2 *vols. Pp. xix* + 420 *et xix* + 443. *Chapman & Hall Limited, Londres. Troisième édition,* 1942. 36*s. net chaque volume.*

Ce livre dont la réputation n'est plus à faire, a été publié pour la première fois en 1929. Il ne tarda pas à se classer comme un ouvrage faisant autorité en la matière, et une seconde édition s'imposa en 1932. Quant à l'édition actuelle, elle comporte deux volumes, et l'auteur en a complètement revu le texte et l'a considérablement augmenté, rendant ainsi l'ouvrage encore plus utile. Nous avons remarqué avec un plaisir tout particulier l'addition d'un chapitre sur les potentiels Redox, le symbole *r*H, et l'usage des indicateurs Redox. L'ouvrage du Professeur Britton se classe parmi les livres remarquables.

The Structure of Steel simply Explained (Pour expliquer simplement la structure de l'acier), *par E. Gregory et E. N. Simons. Pp. xv* + 140. *Blackie & Son Limited, Londres. Deuxième édition,* 1942. 5*s. net.*

Ce petit livre intéressant et écrit simplement, décrit les structures des aciers avec un minimum d'expressions techniques. Le lecteur scientifique non spécialisé qui désire se renseigner sur ces nombreuses et diverses substances métalliques englobées sous l'appellation unique d'«acier», ne peut mieux faire que de suivre l'histoire contée par Dr Gregory et M. Simons.

War against Disease (Guerre aux maladies), *par Milton Silverman. Pp.* 284. *Michael Joseph Limited, Londres.* 1942. 12*s.* 6*d. net.*

Le livre de M. Silverman offre une description vivante et dramatique des découvertes de la quinine, de la cocaïne, de l'aspirine, des vitamines, des sulfamides, etc., et l'auteur a visiblement pris grand souci de vérifier les faits qu'il cite. La présentation du livre a entraîné l'introduction de dialogues imaginaires, mais ce procédé est parfaitement légitime.

Twins and Super-twins (Jumeaux), *par H. H. Newman. Pp.* 164 *et* 19 *illustrations. Hutchinson & Cie. (Publishers) Limited, Londres.* 1942. 10*s.* 6*d. net.*

Le Professeur Newman qui a étudié tout spécialement, depuis plus d'un quart de siècle, le problème des naissances multiples chez l'homme, essaie de donner ici des réponses systématiques et fondées à des questions comme celles-ci: «Quelle est la cause des jumeaux?» — «Les jumeaux ont-ils des chances d'être stériles?» — «Combien y a-t-il de sortes de jumeaux, triplets, etc.?» — «Est-il souhaitable d'avoir des jumeaux?».

Mathematics: its Magic and Mystery (Magie et puissance des mathématiques), *par Aaron Bakst. Pp. xiv* + 790. *Chapman & Hall Limited, Londres.* 1941. 21*s. net.*

Ce livre est un effort habile pour rendre les fondements des mathématiques intéressants et même amusants pour n'importe quel lecteur. Il présente cette science à la lumière de sa grande diversité et de son rôle dans les activités humaines les plus variées. À la condition que le lecteur tienne constamment son esprit en éveil, cette tentative a été couronnée de succès. Ce sera le cadeau par excellence à offrir à d'intelligents jeunes gens.